



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

**“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA
MÁQUINA EMPAQUETADORA DE BLISTERS EN LA
FARMACÉUTICA PROPHAR”**

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

AUTORA: MARÍA JOSÉ MOLINA ARAUJO

TUTOR: ING. SANTIAGO ALTAMIRANO MELÉNDEZ, MG.

AMBATO – ECUADOR

JUNIO 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema:
**“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA
MÁQUINA EMPAQUETADORA DE BLISTERS EN LA
FARMACÉUTICA PROPHAR”**, de la señorita Molina Araujo María José,
estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la
Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad
Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos
suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de
conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para
obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, junio del 2015

TUTOR

Ing. Santiago Altamirano Meléndez. Mg.

AUTORÍA DE LA TESIS

El presente trabajo de investigación titulado: **“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA EMPAQUETADORA DE BLISTERS EN LA FARMACÉUTICA PROPHAR”**. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, junio del 2015

María José Molina Araujo

CC: 0503494890

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, junio del 2015

María José Molina Araujo

CC: 0503494890

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Vicente Morales Lozada, Ing. Edwin Morales e Ing. Santiago Collantes, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado **“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA EMPAQUETADORA DE BLISTERS EN LA FARMACÉUTICA PROPHAR”**, presentado por la señorita María José Molina Araujo de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Vicente Morales Lozada, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Edwin Morales, Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Santiago Collantes, Msc.

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este sencillo trabajo y los frutos que en mi vida alcance, a mi hermosa familia.

A mi madre, por ser esa persona incondicional, que con sus consejos y su ayuda moral, ejemplo maravilloso de fe, amor y sacrificio incomparable logró que yo consiga coronar la profesión que tanto he anhelado.

A mi padre, por darme una carrera para el futuro y por creer en mí que con su motivación constante me he convertido en una persona de bien.

A mi hermano, porque siempre ha estado ahí para escucharme en todo momento.

María José Molina Araujo

AGRADECIMIENTO

“Agradezco a Dios por darme la fortaleza necesaria para culminar el presente trabajo.

A mis padres Manuel y Olivia, a mi hermano Eduardo, que han sido un pilar fundamental y fuerza de voluntad.

A mis ex compañeros de trabajo por ofrecerme su ayuda incondicional siempre que la necesitaba.

A INDUMATIC, quien extendió la primicia sobre la temática del proyecto que se describe en este documento.

A mis maestros, sembradores infatigables del saber y la justicia, quienes dejaron en mi la semilla que luego dará frutos para hacer una Patria más grande y próspera; de manera muy especial al Ing. Santiago Altamirano Meléndez asesor de mi trabajo investigativo.

A la Universidad Técnica de Ambato en cuyas aulas he tejido sueños que hoy los veo realizados.

María José Molina Araujo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRELIMINARES

Contenido	Página
Carátula.....	i
Aprobación del tutor.....	ii
Autoría de la tesis.....	iii
Derechos de Autor.....	iv
Aprobación de la comisión calificadora.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras.....	xiv
Resumen.....	xxii
Abstract.....	xxiii
Introducción.....	xxiv

CAPÍTULOS

CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1. Tema	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Delimitación del Problema	3
1.4. Justificación	3

1.5. Objetivos.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de Investigación.....	5
2.2. Fundamentación Teórica.....	7
2.2.1. Sistemas de Automatización.....	7
2.2.2. Pirámide de la Automatización.....	8
2.2.3. Nivel de Sensores y Actuadores	8
2.2.4. Nivel de Campo	17
2.2.5. Nivel de Célula	18
2.2.6. Nivel de Planta y Gestión	18
2.2.7. PLC	18
2.2.8. HMI.....	19
2.2.9. Software Tia Portal	20
2.3. Sistemas de Empaquetado	21
2.4. Propuesta de la Solución.....	23
CAPÍTULO III	24
METODOLOGÍA	24
3.1. Modalidad de la investigación	24
3.2. Recolección de la Información	25
3.3. Procesamiento y Análisis de Datos.....	25
3.4. Desarrollo del Proyecto	25

CAPÍTULO IV	27
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	27
4.1 Recolección de información de la máquina encartonadora de blíster.	27
4.2 Análisis del sistema de empaçado.	29
4.2.1. Datos técnicos de la máquina.....	30
4.2.2. Accionamiento Principal de la máquina	31
4.2.3. Control eléctrico	31
4.2.4. Proceso de empaquetado.....	32
4.2.5. Análisis de la parte mecánica de la máquina.	38
4.2.6. Sistema neumático	38
4.2.7. Ajuste de las guías del almacén de estuches.....	39
4.2.8. Ventosas.....	40
4.2.9. Mantenimiento de la cadena de estuches.....	41
4.3. Automatización del sistema electrónico	43
4.3.1. Nomenclatura de los dispositivos conectados en la máquina empaquetadora.....	44
4.3.2. Variables de interés en el proceso de automatización de la encartonadora.	46
4.3.3. PLC SIMATIC S7-1214 DC/DC/DC	48
4.3.4. Software Step 7.....	50
4.3.5. Acceso fácil a la ayuda	52
4.3.6. Configuraciones de dispositivos.	53
4.3.8. Programación del PLC.....	55
4.3.9. Instrucciones básicas para programar	56
4.3.10. Tipos de datos	57

4.3.11.PTO (Salida de tren de impulsos)	57
4.3.12.Distancia encoder.....	67
4.3.13.Activaciones Operador	75
4.3.14 Control de toma de caja	80
4.3.14.Producción Total.....	86
4.3.15.Alarmas	88
4.3.16.Configuración de la fecha y hora	91
4.4. Interfaz gráfica para monitorear las variables de control.	93
4.4.1. Características KTP 600 Basic	94
4.4.2. Creación de las Pantallas	95
4.4.3. Pantalla Principal	96
4.4.4. Pantalla de producción.....	98
4.4.5. Presupuesto.	99
4.5. Conexión física y lógica de los dispositivos.....	100
4.5.1. Conexión Lógica.....	100
4.5.2. Conexión Física	101
4.6. Implementación de un sistema de Backup.....	104
4.7. Pruebas y controles del sistema de empaquetado.	108
4.7.1. Instalación de los dispositivos a utilizarse.....	108
4.7.2. Pruebas de conectividad en la red.....	111
4.7.3. Pruebas mecánicas	112
4.7.4. Pruebas eléctricas.....	113
4.7.5. Pruebas de arranques.	113
4.7.6. Pruebas de hardware	114

4.7.7. Verificación de accionamiento de las opciones del panel operador	119
4.7.8. Secuencia para arrancar la máquina en modo producción.....	122
4.7.9. Pruebas de dosificación de blísters.....	123
4.7.10.Pruebas Neumáticas.....	123
4.7.11.Pruebas de servidor web.....	124
4.7.12. Pruebas de pantalla	125
4.7.13. Pruebas de alarmas.....	127
4.7.14. Resultados.....	128
CAPÍTULO V	130
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
5.1. Conclusiones.....	130
5.2. Recomendaciones.....	132
Bibliografía	133
Anexo 1.....	139
Anexo 2.....	140
Anexo 3.....	147
Anexo 4.....	164
Anexo 5.....	167
Anexo 6.....	169
Anexo 7.....	170
Anexo 8.....	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos técnicos de la máquina encartonadora.	30
Tabla 2. Datos del panel de operador.....	37
Tabla 3. Lista de mantenimiento y de inspección.....	38
Tabla 4. Lista de mantenimiento del sistema mecánico.....	38
Tabla 5. Selección del diámetro de la ventosa.	40
Tabla 6. Selección del diámetro del blíster.	42
Tabla 7. Nomenclatura de elementos.....	44
Tabla 8. Variables del proceso.....	46
Tabla 9. Características CPU 1214 DC/DC/DC.	49
Tabla 10. Datos técnicos del TIA Portal.	50
Tabla 11. Datos técnicos del tipo de datos.....	57
Tabla 12. Datos técnicos del contador rápido.	70
Tabla 13. Datos técnicos de la variable RD_LOC_T.....	91
Tabla 14. Características DTL.	92
Tabla 15. Datos técnicos de la HMI KTP 600.	94
Tabla 16. Análisis del presupuesto.	99
Tabla 17. Datos técnicos de la interfaz PROFINET.	103
Tabla 18. Datos técnicos del driver.....	114
Tabla 19. Datos para la selección del funcionamiento del driver.	115
Tabla 20. Resultados en la producción manual.....	129
Tabla 21. Resultados en la producción automatizada.	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pirámide de la Automatización.....	8
Figura 2. Sensores y elementos primarios.	9
Figura 3. Diagrama de los componentes del sensor.....	10
Figura 4. Sensores de proximidad.....	10
Figura 5. Diagrama del sensor inductivo.	11
Figura 6. Diagrama de bloques del sensor inductivo.	11
Figura 7. Formas de las líneas de flujo.	12
Figura 8. Diagrama de bloques de un sensor capacitivo.	13
Figura 9. Diagrama interno del sensor capacitivo.....	14
Figura 10. Diagrama del sensor óptico de proximidad.	16
Figura 11. Sensor fotoeléctrico de barrera.	16
Figura 12. Sensor fotoeléctrico de reflex.	17
Figura 13. Estructura básica de un PLC.....	19
Figura 14. Simatic Basic HMI.	20
Figura 15. Arquitectura de programación en Tia Portal.	21
Figura 16. Ejemplo de empaquetado.....	21
Figura 17. Ejemplo de empaquetado.....	23
Figura 18. Máquina Encartonadora UHLMAN 100.	28
Figura 19. Placa de la máquina.	28
Figura 20. Instalaciones eléctricas.	29
Figura 21. Proceso manual del empaquetado de blísters.	29

Figura 22. Diagrama de la máquina encartonadora.	32
Figura 23. Diagrama del almacén de blísters.	32
Figura 24. Cadena de producto.	33
Figura 25. Dosificación de blísters.	33
Figura 26. Blísters transportados.	34
Figura 27. Electroválvula.	34
Figura 28. Toma de caja.	35
Figura 29. Ingreso de blísters a la caja.	35
Figura 30. Salida de caja por cadena de estuches.	36
Figura 31. Expulsión de la caja.	36
Figura 32. Panel de Operador.	36
Figura 33. Ajuste de las guías de estuches.	39
Figura 34. Ajuste de la distancia entre las ventosas.	40
Figura 35. Ajuste de la anchura del estuche.	41
Figura 36. Ajuste de las arandelas de separación.	42
Figura 37. Diagrama de flujo de las etapas del proceso.	43
Figura 38. CPU de SIMATIC S7-1200.	48
Figura 39. Vista frontal del TIA Portal.	51
Figura 40. Vista del proyecto del TIA Portal.	52
Figura 41. Vista del sistema de información del TIA Portal.	53
Figura 42. Conexión de los dispositivos en el TIA Portal.	53
Figura 43. Selección de la interfaz.	54

Figura 44. Pantalla de ingreso de la dirección IP del proyecto.....	54
Figura 45. Tabla de variables del PLC.....	55
Figura 46. Vista del segmento del programa.	56
Figura 47. Control del motor a pasos.....	58
Figura 48. Onda cuadrada.	58
Figura 49. Ventana de configuración de la generación de impulsos en el PLC.....	59
Figura 50. Ventana de selección del Motion Control para el PTO.	60
Figura 51. Ventana de ingreso de las salidas del PTO.....	60
Figura 52. # De pulsos y distancia a recorrer por el motor a pasos.	61
Figura 53. Programación de las activaciones de la máquina.	62
Figura 54. Bloque MC_Power.	63
Figura 55. Bloque MC_Reset.....	63
Figura 56. Bloque MC_Home.....	64
Figura 57. Bloque MC_MoveAbsolute.....	65
Figura 58. Diagrama de flujo del bloque PTO.....	66
Figura 59. Configuración de las entradas del bloque PTO.	66
Figura 60. Representación de las señales incrementales A, B y Z en disco óptico.	67
Figura 61. Representación gráfica de las señales A, B y Z del encoder.	68
Figura 62. Representación gráfica de las señales incrementales.	68
Figura 63. Activación del contador rápido.....	69
Figura 64. Configuración de las entradas del HSC en la CPU.	69
Figura 65. Ingreso de las direcciones de entradas y salidas del HSC.	70

Figura 66. Configuración del Id de hardware del HSC.....	70
Figura 67. Configuración del contador rápido.	71
Figura 68. Copiar los datos de la ID1000 a la variable “número de pulsos”.....	71
Figura 69. Proceso de variables remanentes.	72
Figura 70. Copiar los datos de contador remanente a la salida del contador.....	72
Figura 71. Proceso para guardar el dato de los pulsos al apagar la máquina.....	72
Figura 72. Proceso contador de pulsos.....	73
Figura 73. Conversión de doble entero a real.	73
Figura 74. Transformación de pulsos a grados.	74
Figura 75. Configuración del bloque distancia encoder.	74
Figura 76. Control para la activación de la máquina.	75
Figura 77. Programación de sobrecargas.	76
Figura 78. Activaciones de paro de emergencia, presión de aire y guardas.	76
Figura 79. Accionamiento manual por medio del Inching.....	76
Figura 80. Activaciones de luces de sobrecarga.	77
Figura 81. Diagrama de flujo del abastecimiento de los almacenes.	78
Figura 82. Control de abastecimiento de blísters y cartón en los almacenes.....	78
Figura 83. Accionamiento del freno de la máquina.	79
Figura 84. Accionamiento del embrague principal.	79
Figura 85. Reseteo de luces del panel de operador.	80
Figura 86. Diagrama de flujo del proceso de empaquetado.....	80
Figura 87. Activación del sensor blíster OK para el inicio del registro.....	81

Figura 88. Activación del sensor presencia de blíster para el inicio del registro.....	81
Figura 89. Activación del SHL para blísters mayores a uno.	82
Figura 90. Espacio de memoria para el registro de desplazamiento.	82
Figura 91. Ejemplo del desplazamiento del sensor	83
Figura 92. Ejemplo del registro de desplazamiento.	83
Figura 93. Activaciones de los registros de desplazamiento.	84
Figura 94. Control para el proceso de toma de caja.....	84
Figura 95. Proceso de ingreso de blísters en la caja mayores a uno.	85
Figura 96. Expulsión de caja.....	85
Figura 97. Contador de cajas buenas.	86
Figura 98. Contador de cajas malas.	86
Figura 99. Resta de las cajas buenas de las malas.	86
Figura 100. Configuración del bloque Activaciones del panel de operador.	87
Figura 101. Alarma de Sobrecarga del producto en ejecución.	88
Figura 102. Alarma de Sobrecarga de la cadena de estuches.	88
Figura 103. Alarma de sobrecarga del abastecimiento de cartón.	89
Figura 104. Alarma de no hay presión de aire.	89
Figura 105. Alarma de sobrecarga del motor principal.	89
Figura 106. Alarma de abastecimiento de blísters en el almacén.	89
Figura 107. Alarma de Activación de guardas.....	90
Figura 108. Alarma del Abastecimiento de estuches en el almacén.	90
Figura 109. Alarma de la activación del paro de emergencia.	90

Figura 110. Alarma de activación del bloque de alarmas.	91
Figura 111. Selección de la zona horaria.	91
Figura 112. Ajustar la hora de la PC con el PLC.	92
Figura 113. Función de leer la hora de la PC.	92
Figura 114. Características HMI.	93
Figura 115. Selección de la HMI del TIA Portal.	95
Figura 116. Selección de la interfaz.	95
Figura 117. Conexión de la interfaz.	96
Figura 118. Pantalla principal.	96
Figura 119. Barra de inicio rápido.	97
Figura 120. Mensaje cuando no existe blíster en la cadena.	98
Figura 121. Movimiento de objetos.	98
Figura 122. Pantalla Producción.	99
Figura 123. Conexión PG con el PLC S7-1200.	100
Figura 124. Conexión HMI con el PLC S7-1200.	100
Figura 125. Diagrama de dispositivos conectados.	101
Figura 126. Cable UTP categoría 5e.	102
Figura 127. Estándar 568-B para conectar el cable.	102
Figura 128. Conexión PLC con la PC.	103
Figura 129. Carga del programa al PLC.	104
Figura 130. Activación del servidor web.	104
Figura 131. Ingreso de la dirección IP en el navegador.	105

Figura 132. Interfaz de ingreso de SIMATIC-1200.....	105
Figura 133. Información del estado del sistema.	106
Figura 134. Información del PLC.	106
Figura 135. Información de diagnostic buffer.	107
Figura 136. Información de Comunicaciones.	107
Figura 137. Cambio del PLC antiguo por el de SIEMENS.	108
Figura 138. Desmontaje de los cables del PLC antiguo.	108
Figura 139. Información de la instalación de los dispositivos.	109
Figura 140. Montaje del PLC.....	109
Figura 141. Conexión de las entradas y salidas al PLC nuevo.	110
Figura 142. Dispositivos conectados.	110
Figura 143. Configuración de la IP de la máquina.	111
Figura 144. Ping al PLC.....	111
Figura 145. Ping a la HMI.	112
Figura 146. Acople del sensor a la estructura de la encartonadora.	112
Figura 147. Comprobación del voltaje que alimentan a los dispositivos.....	113
Figura 148. Arranque del PLC y del driver.	113
Figura 149. Sistema de control del motor a pasos.	114
Figura 150. Conexión del motor a pasos con el driver.	115
Figura 151. Control del motor a pasos.....	115
Figura 152. Activación del motor a pasos.....	116
Figura 153. Conexión online PLC y PC.	116

Figura 154. Funcionamiento del objeto tecnológico.....	117
Figura 155. Activación MC_Power.	117
Figura 156. Activación MC_Reset.....	118
Figura 157. Activación MC_MoveAbsolute.....	118
Figura 158. Activación MC_Home.....	119
Figura 159. Activación del panel de operador.	119
Figura 160. Panel de operador.	120
Figura 161. Arranque del panel de operador.....	122
Figura 162. Prueba de dosificación de blíster.	123
Figura 163. Pruebas neumáticas.....	123
Figura 164. Conexión entre los dispositivos para el ingreso al servidor.	124
Figura 165. Verificación del estado de las variables.	124
Figura 166. Configuración de la IP en la HMI.	125
Figura 167. Ícono de carga del programa a la HMI.	125
Figura 168. Carga del programa a la HMI.	126
Figura 169. Visualización de la programación de la HMI.	126
Figura 170. Pantalla principal.	127
Figura 171. Visualización de los mensajes de error.....	128
Figura 172. Porcentaje de mejora del producto.	129

RESUMEN

La forma de dosificar las medicinas cuya producción requiere de técnicas modernas obliga en la actualidad a tener máquinas con un alto nivel tecnológico, este trabajo presenta la automatización del sistema de empaquetado de blísters en la farmacéutica PROPHAR.

Se migro de PLC por un autómata que posea un diseño escalable y flexible con puerto Ethernet para comunicación entre dispositivos, sus entradas y salidas de alta velocidad deben controlar un encoder y motor a pasos de la máquina para la dosificación de blísters, se configuró una interfaz gráfica que le permite al usuario interactuar con las variables en tiempo real a través del HMI, además se puede monitorear y controlar la máquina remotamente desde la página web.

Se optimizó el proceso de empaquetado con la disminución del tiempo, haciendo posible que la máquina pueda empaquetar 20 cajas por minuto, lo que para el personal capacitado es muy complejo de realizarlo en forma manual, aumentando la producción en un 300%.

ABSTRACT

The form of dosing the medicines whose production requires of technical modern, forces at the present time to have machines with a technological high-level, this work presents the automation of the system of blisters packaging in the pharmaceutical PROPHAR.

PLC was migrated for an automaton that possesses a scalable and flexible design with port Ethernet for communication between devices, their high-speed input and output they should control an encoder and motor to steps of the machine for the blisters dosage, a graphic interface was configured that allows the user to interact with the variables in real time through the HMI, also can monitor and control the machine remotely from the page web.

The packaging process was optimized with the decrease of the time, making possible that the machine can pack 20 boxes per minute, what is very complex for the qualified personnel of carrying out it in form manual, improving the production in 300%.

INTRODUCCIÓN

Las fábricas automatizadas deben proporcionar en sus sistemas, confiabilidad, eficiencia y flexibilidad, que satisfagan la demanda del mercado, exigiendo que posean máquinas competitivas con un alto grado tecnológico, una de las bases principales son los sistemas de automatización que permite el control, seguimiento y análisis de los procesos productivos de una forma secuencial.

El proyecto que se detalla en este documento tiene como finalidad realizar una Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de blísters en la farmacéutica PROPHAR, que permita tener un proceso eficiente en el empaquetado de las plaquetas. A continuación se detalla el desarrollo de cada uno de los capítulos que comprenden este proyecto:

Capítulo I, describe el análisis y la problemática del empaquetado de blísters, con la delimitación en espacio y tiempo de la investigación, posteriormente se justifica y plantea los objetivos que guíen el desarrollo del proyecto.

Capítulo II, se analizan las modalidades de la investigación adecuadas para el proyecto como la pirámide de la automatización y los sistemas de empaquetado, para luego dar una propuesta de solución al problema planteado.

Capítulo III, indica la metodología que se utilizó para la investigación, detallando técnicas e instrumentos como: modalidades de investigación, recolección, procesamiento y análisis de datos, además se describe los pasos que se siguieron en el desarrollo del proyecto.

Capítulo IV, describe la propuesta de la automatización del sistema de empaquetado de blísters, su estructura y las principales características, además de indicar detalladamente los procedimientos que se hicieron para la implementación del sistema.

Capítulo V, señala las Conclusiones y Recomendaciones que se han obtenido en la automatización y de las pruebas de funcionamiento del sistema de control del empaquetado de blísters realizada

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

“Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de blísters en la farmacéutica PROPHAR”

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Contextualización

Las fábricas deben proporcionar en sus sistemas, confiabilidad, eficiencia y flexibilidad, que satisfagan la demanda del mercado, exigiendo que posean máquinas competitivas con un alto grado tecnológico, una de las bases principales son los sistemas de automatización que permite el control, seguimiento y análisis de los procesos productivos de una forma secuencial.

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, con el objetivo de optimizar los recursos de producción.

En la mayoría de las plantas de la industria farmacéutica en el Ecuador disponen de equipos automatizados, mediante sistemas de control de lotes, esta aplicación supervisan sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción.

La forma de dosificar las medicinas cuya producción requiere de técnicas modernas, obligan en la actualidad a tener máquinas con un alto nivel tecnológico, diseñando maquinaria sofisticada para la ejecución de estos trabajos, es por esta razón que PROPHAR está en el proceso de expansión y necesita de una automatización para atender las necesidades del mercado nacional. El proceso de empaquetado de blíster se realiza en gran parte de forma manual, dando así cabida a accidentes y bajo rendimiento en la producción.

Para verificar el correcto empaquetado del blíster todavía se sigue utilizando el método de visualización. Donde un operario es el encargado de realizar revisiones permanentes, comprobando que tengan la cantidad de pastillas correctas, además controla que los blísters no salgan de la banda transportadora y examina el producto terminado. Es decir que los blísters se encuentren en las cajas, lo que hace que en general los tiempos establecidos sean variables, por lo tanto tendremos un flujo realmente discontinuo, limitando la capacidad de empaquetamiento.

Este proceso de verificación es rutinario y exhaustivo en sí, ya que depende únicamente de la capacidad de observación de una persona. Ocasionando de dificultades extras, el encargado de la verificación puede cometer a su vez errores, al no retirar un blíster fallido.

1.3. Delimitación del Problema

- **Delimitación de Contenido:**

- **Área:** Física y Electrónica
- **Línea:** Sistemas Electrónicos
- **Sub línea:** Sistemas Embebidos

- **Espacial:**

- La presente investigación se desarrolló en la Farmacéutica PROPHAR del cantón Rumiñahui de la provincia de Pichincha.

- **Temporal:**

- El presente proyecto investigativo se realizó aproximadamente en un período de seis meses a partir de la fecha de aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4. Justificación

La empresa necesita de este sistema para aumentar la producción por día, que satisfaga la demanda nacional, logrando con esta automatización se mejore el rendimiento y eficiencia del empaquetado, permitiendo recuperar la inversión amortizada de la máquina que ha estado fuera de servicio por dos años.

La ejecución de este proyecto permitió a la farmacéutica la automatización de la máquina empaquetadora, con equipos de última generación y de marcas reconocidas. Pues su costo es accesible con respecto a otras ya existentes, así podrán obtener beneficios que su uso atrae, tales como; desarrollar el proceso de control de empaquetado de blísters de forma segura.

Evitando así posibles accidentes que puede ocasionar su ejecución de forma manual, aumentar la producción empleando menor tiempo para realizar el proceso.

1.5. Objetivos

- **Objetivo General**

Automatizar el sistema de control de la máquina empaquetadora de blísters en la farmacéutica PROPHAR.

- **Objetivos Específicos**

- Analizar el sistema actual de operación de la empaquetadora para conocer en qué estado se encuentra.
- Automatizar el sistema de empaquetado de la máquina actual.
- Desarrollar una interfaz hombre-máquina (HMI), para el control del módulo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Investigación

Exploradas diferentes investigaciones a nivel nacional e internacional se encontraron temas similares que servirán como soporte a la presente investigación como:

El diseño de un sistema automatizado que se realizó con el fin de mejorar el tiempo de respuesta ante cualquier eventualidad, monitoreo constante del funcionamiento de las subestaciones y brindar un servicio eficaz a sus abonados. [1]

La implementación de un sistema de redes de comunicación de campo en el laboratorio de Máquinas de la Universidad de Cuenca, el cual permitirá simular el control que se tendría en una empresa o fábrica, con los más altos estándares de control automático. [2]

La realización de un módulo por la necesidad de complementar el laboratorio de control industrial con un PLC S7-1200 que permitirá al estudiante monitorear, registrar y analizar procesos industriales. [3]

La elaboración de un sistema basado en el método por análisis de imágenes digitales, que permitirá detectar errores en la producción de blíster. [4]

La elaboración de un control informatizado de la producción de 6 líneas de máquina de una empresa farmacéutica para saber en cualquier momento cual fue la producción en un día, creando una base de datos. [5]

La automatización de una máquina convertidora de papel higiénico en la empresa ABSORPELSA, que consiste de una bobina madre de 1,30m de diámetro y la convierte en bobinas o bastones de diámetros más pequeños. [6]

La descripción de un conjunto de herramientas íntegramente en el área de Ingeniería de Sistemas y Automática. Que permiten cubrir todas las etapas en el diseño e implementación de la programación de proyectos de automatización basados en autómatas programables industriales. [7]

El análisis del sistema de automatización de procesos, como reducir costos de ingeniería, mejorar la calidad en la producción, maximizar el retorno de inversión. [8]

La automatización de dos máquinas empaquetadoras de sal en la empresa Ecuasal C.A., mediante la utilización de controladores lógico programables, permitiendo mejorar la salida de producción de las unidades, obteniendo un mejor control eléctrico y electrónico del sistema. [9]

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Sistemas de Automatización

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Proceso es aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto.

- **Procesos continuos**, se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad.
- **Procesos discretos**, contemplan la salida del proceso en forma de unidades y los procesos batch son aquellos que en sus salidas llevan a cabo en forma de cantidades o lotes de material. Por ejemplo la fabricación de automóviles.
- **Procesos batch**, son aquellas que en el proceso de salida se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos. [10]

Las industrias relacionadas con sistemas de automatización son las de manufactura y la de procesos, la primera se caracteriza por la presencia de máquinas de control numérico por ordenador como núcleo de sistemas de fabricación flexible y la segunda existen fábricas de productos de naturaleza continua, cementera, farmacéutica, etc. Donde investigan nuevas tecnologías, para la obtención de nuevos productos.

2.2.2. Pirámide de la Automatización

La denominada Pirámide de la automatización, CIM (Computer Integrated Manufacturing), intenta resumir, de forma gráfica, la estructuración de los sistemas de comunicación en un entorno productivo, donde un sistema transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. [11]

Se divide en niveles que clasifican el tipo de tráfico e información que se intercambia entre cada uno. **Figura 1.**

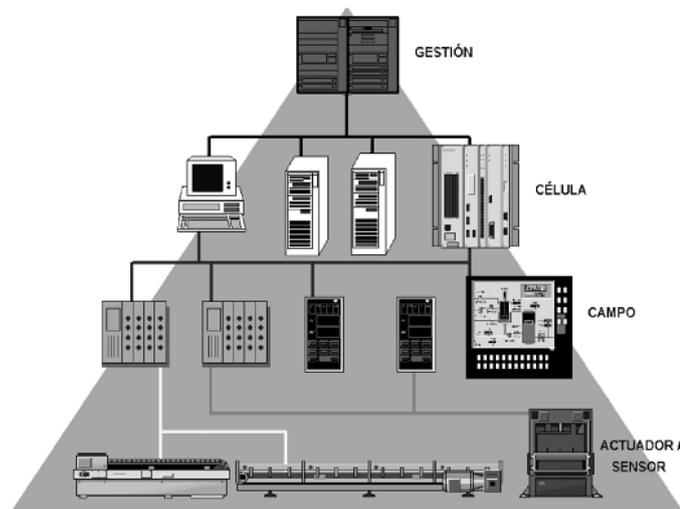


Figura 1. Pirámide de la Automatización. [11]

2.2.3. Nivel de Sensores y Actuadores

En cualquier aplicación automatizada tenemos elementos que requieren uno o algunos bits de información de (entrada y salida) para trabajar (pulsadores, selectores, sensores, pilotos). Esta característica es la que define el nivel Actuador/Sensor (pocos bits) dentro de un sistema automatizado. Este nivel es el peldaño más bajo dentro de la jerarquía de los sistemas automatizados, también llamado nivel de instrumentación, está formado por los elementos de medida (sensores) y mando (actuadores) distribuidos en una línea de producción. Trabaja con poca información y su gestión es relativamente sencilla. [11]

Sensores

Los sensores captan el valor de la variable de proceso y envían una señal de salida predeterminada, el sensor puede formar parte de otro instrumento (por ejemplo, un transmisor) o bien puede estar separado.

En la **Figura 2**, muestra el detector o elemento primario, se le denomina así por estar en contacto con la variable, ya que utiliza o absorbe energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable. El efecto producido por el elemento primario puede ser un cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, etc. [12]

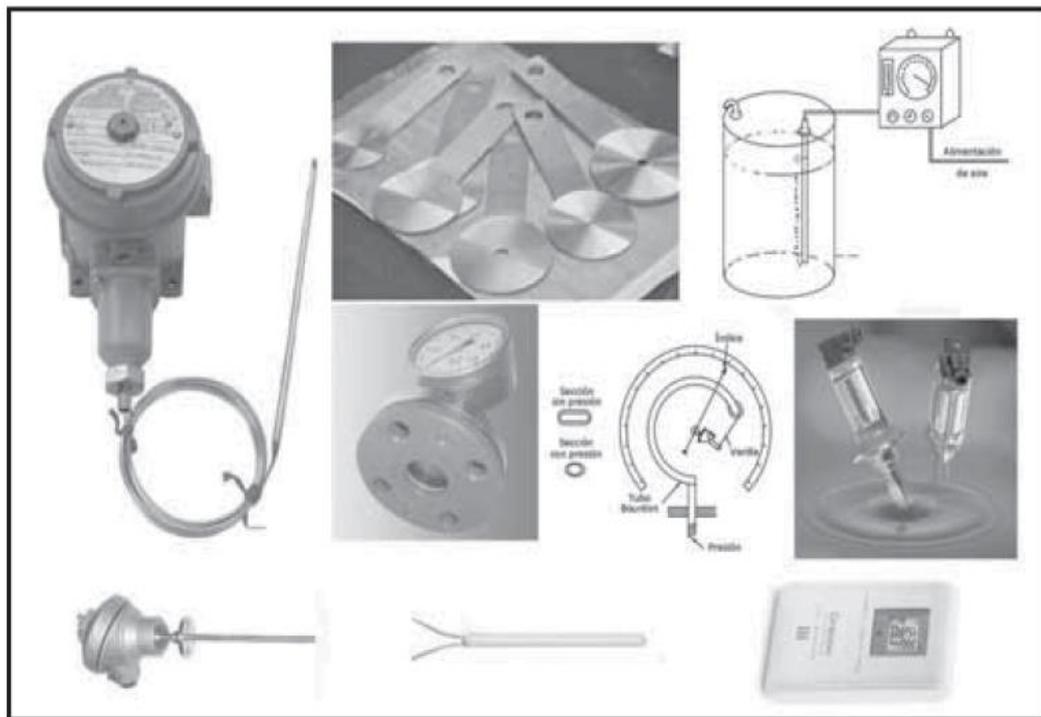


Figura 2. Sensores y elementos primarios. [12]

La **Figura 3** muestra los componentes básicos del sensor, donde el dispositivo está situado en cierto medio, detecta la señal y convierte la señal física en otra eléctrica, que en algunos de sus parámetros contiene la información correspondiente a la primera.

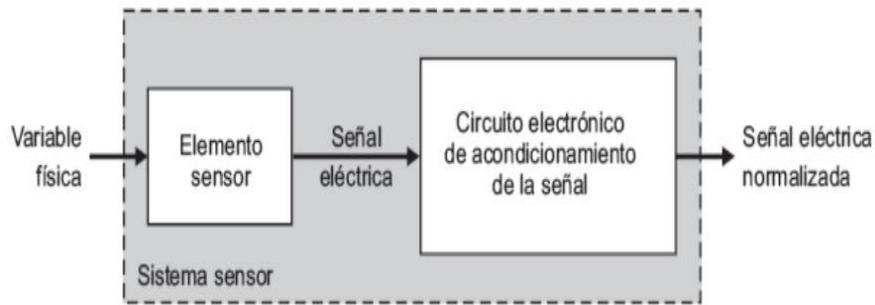


Figura 3. Diagrama de los componentes del sensor. [13]

Tipos De Sensores

Existen numerosas variables o magnitudes físicas susceptibles de ser transformadas en señales eléctricas, además las señales eléctricas pueden contener la información en un número elevado de parámetros diferentes. Los sensores de proximidad son ampliamente usados en aplicaciones de automatización y pueden ser tanto de tipo inductivo como capacitivo. La forma más común consiste en un espárrago roscado como se muestra en la **Figura 4**. Que contiene el sensor en uno de sus extremos y el circuito procesador de la señal en circuito impreso. La salida de la conexión viene dada por un transmisor PNP o NPN. [14]

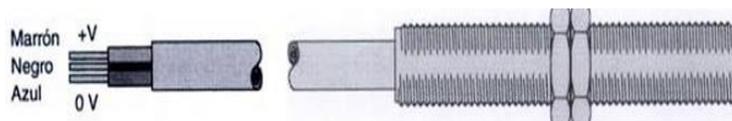


Figura 4. Sensores de proximidad. [15]

Sensores Inductivos

Los sensores basados en un cambio de inductancia debido a la presencia de un objeto metálico están entre los sensores de proximidad de uso frecuente. El principio de funcionamiento de estos sensores se puede observar en la **Figura 5**, muestra un diagrama esquemático de un sensor inductivo y consiste fundamentalmente en una bobina arrollada, situada junto a un imán empaquetado en un contenedor simple y robusto.[16]

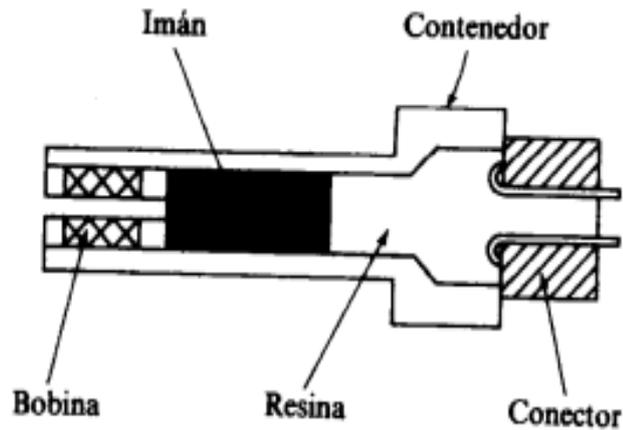


Figura 5. Diagrama del sensor inductivo. [16]

La **Figura 6**, muestra un diagrama de bloques del sensor inductivo. Donde utiliza un oscilador para enviar un campo electromagnético de alta frecuencia y de corto alcance desde el extremo de la unidad. Si un objeto de metal conductor entra en su alcance, se inducen corrientes parásitas en el metal, el cual reacciona para cambiar de voltaje en el oscilador. Esto es percibido y amplificado para encender el transistor de salida. [14]

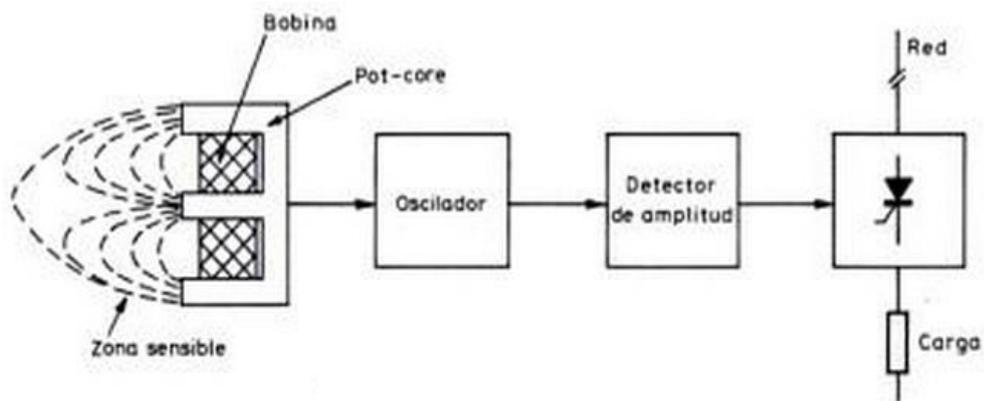


Figura 6. Diagrama de bloques del sensor inductivo. [15]

El efecto de llevar a la proximidad de un material ferromagnético produce un cambio en la posición de las líneas de flujo del imán permanente según se indica en la **Figura 7**.

En condiciones estáticas no hay ningún movimiento en las líneas de flujo, por consiguiente, no se induce ninguna corriente a la bobina.

Sin embargo, cuando un objeto ferromagnético penetra en el campo del imán o lo abandona, el cambio resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud y forma son proporcionales a la velocidad de cambio de flujo. [16]

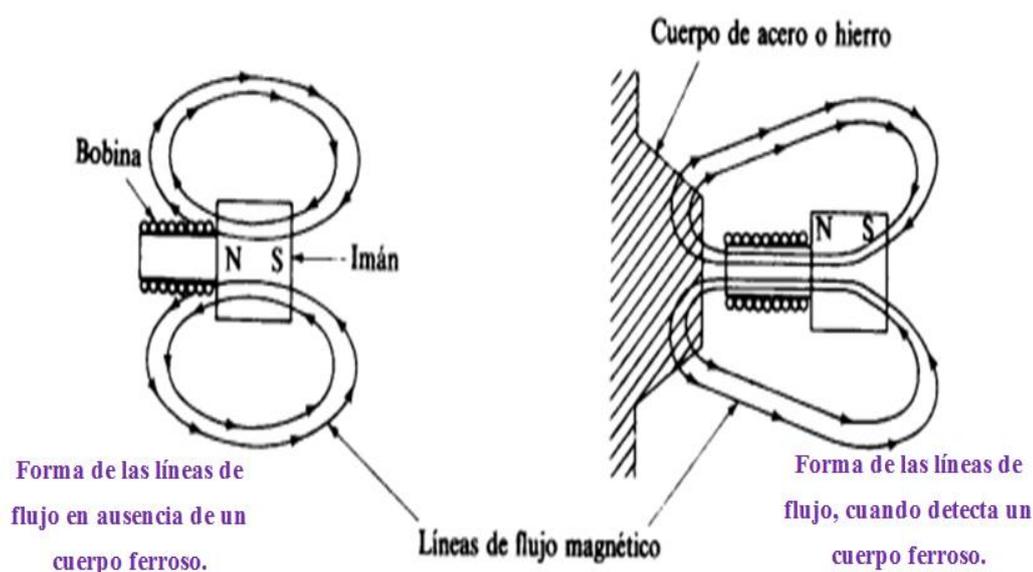


Figura 7. Formas de las líneas de flujo. [16]

Los detectores de proximidad inductiva permiten detectar si contacto objetos metálicos a una distancia de a 0 a 60 [mm].

La forma de onda de la tensión, observada a la salida de la bobina, proporciona un medio efectivo para la detección de proximidad. La tensión medida a través de la bobina varía como una función de la velocidad a la que un material ferromagnético se introduce en el campo del imán. La polaridad de la tensión, fuera del sensor, depende de que el objeto este penetrando en el campo abandonándolo.

Sensores Capacitivos

Un sensor capacitivo es un elemento utilizado para la detección de cuerpos metálicos y no metálicos, como su nombre indica, estos sensores están basados en la detección de un cambio en la capacidad inducido por una superficie que se lleva cerca del elemento sensor.

La **Figura 8** indica su funcionamiento y se basa en un oscilador, el condensador del cual, está formado por dos electrodos situados en la parte delantera del aparato.

Cualquier material (metálico o no metálico) provocará una variación del acoplamiento capacitivo del condensador. A su vez, esta variación de capacidad provocará que el oscilador emita una señal de salida. [17]

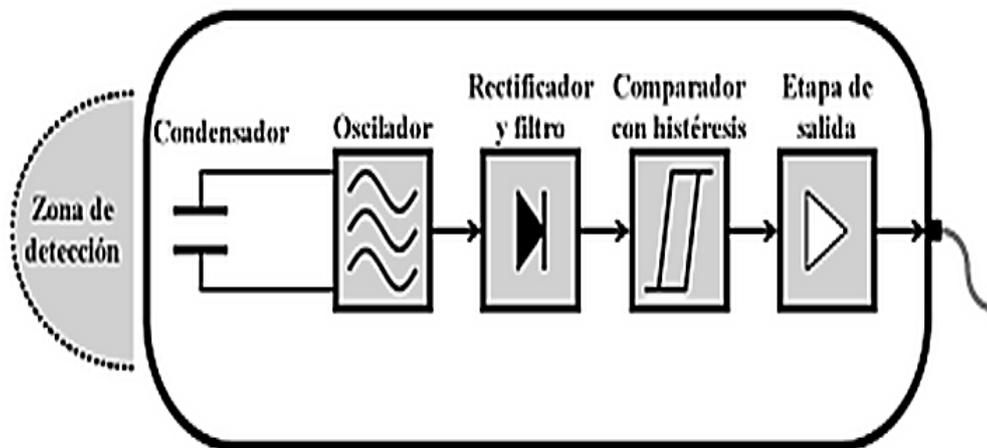


Figura 8. Diagrama de bloques de un sensor capacitivo. [13]

Este tipo de sensores se utilizan para detectar (sin contacto físico): materiales aislantes y conductores y la masa de un objeto (líquido o sólido).

La distancia de detección dependerá en todo momento de la constante dieléctrica del material a detectar y el alcance nominal del propio detector, el cual a su vez, dependerá de su propia métrica (diámetro del área de detección).

En cualquier caso, la distancia de detección es de pocos milímetros (entre 2 [mm] y 25 [mm] aproximadamente).

El elemento sensor es un condensador constituido por un electrodo sensible y un electrodo de referencia. Estos electrodos pueden ser un disco y un anillo metálicos separados por un material dieléctrico. Una cavidad de aire seco se suele colocar detrás del elemento capacitivo para proporcionar aislamiento. El resto del sensor está constituido por circuitos electrónicos. **Figura 9.**

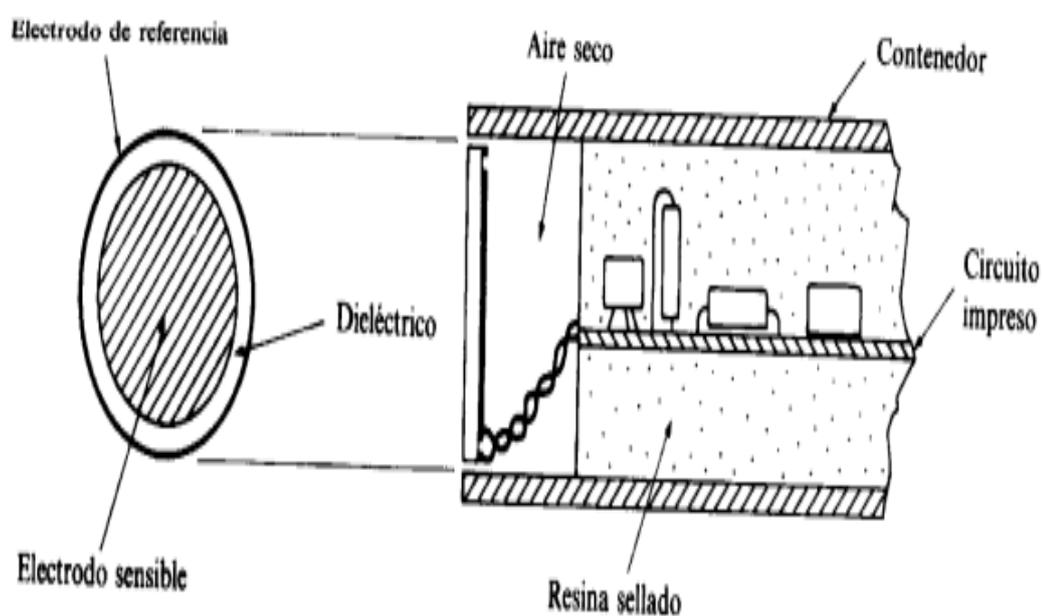


Figura 9. Diagrama interno del sensor capacitivo. [16]

Hay varios métodos electrónicos para detectar las proximidades basadas en cambios de la capacidad. Uno de los más simples incluye el condensador como parte de un circuito oscilador diseñado de modo que la oscilación se inicie solamente cuando la capacidad del sensor sea superior a un valor umbral preestablecido. La iniciación de la oscilación se traduce luego en una tensión de salida, que indica la presencia de un objeto. Este método proporciona una salida binaria, cuya sensibilidad de disparo dependerá del valor umbral. [16]

Sensores Ópticos de Proximidad

Los detectores ópticos emplean fotocélulas como elementos de detección. Algunos tipos disponen de un cabezal que incorpora un emisor de luz y la fotocélula de detección, actuando por reflexión y detección del haz de luz reflejado sobre el objeto que se pretende detectar. Otros tipos trabajan a modo de barrera y están previstos para detección a mayores distancias con fuentes luminosas independientes del cabezal detector. Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias luminosas en la gama de los infrarrojos. [15]

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera luz (diodo led), y un componente que recoge la luz generada por el emisor. [18]

Las fuentes de luz son:

- **Solar y ambiental**, fuentes de luz más habituales, aunque las menos precisas para ser utilizadas, por lo que su aplicación se reserva casi exclusivamente para control de encendido y apagado.
- **Rojas, verdes y amarillas**, son visibles y pueden ser afectadas por la luz ambiente intensa. Su uso general se da en aplicaciones industriales, detección de marcas, etc.
- **Infrarrojas**, son relativamente inmunes a la luz artificial, generalmente se utilizan para detección en distancias largas y ambientes con presencia de polvo.

En la **Figura 10**, muestra el funcionamiento y se basa en la emisión de un haz luminoso por una parte del sensor (emisor) y la posterior recepción, por otro lado del sensor (receptor). La detección se efectúa cuando un objeto modifica la cantidad de luz que emite el emisor al receptor. En este momento cambia el estado de un contacto eléctrico asociado al detector. [17]

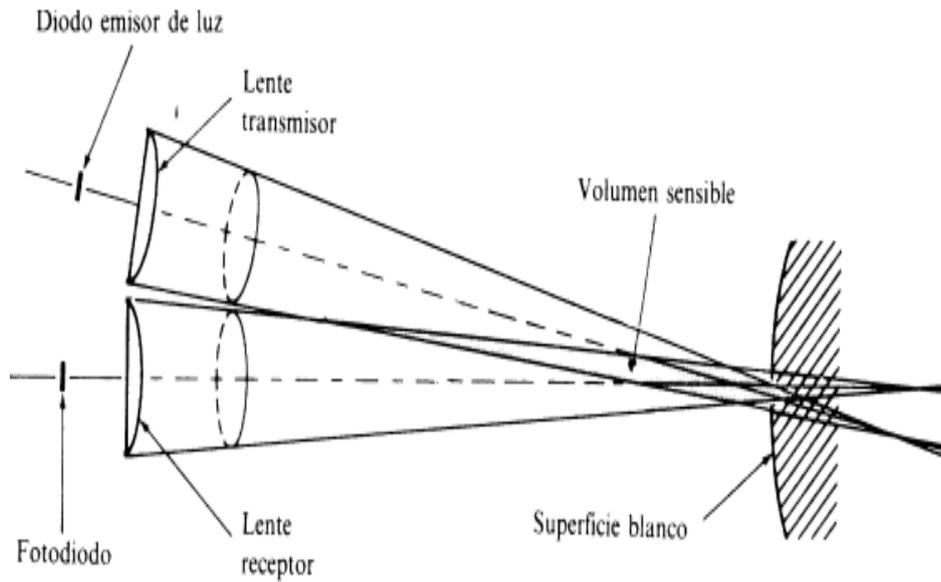


Figura 10. Diagrama del sensor óptico de proximidad. [16]

Los tipos de sensores fotoeléctricos son los siguientes:

- **Detectores basados en sistema tipo barra:** el emisor y el receptor están separados, pero alimentados entre sí, de manera que la emisión del haz luminoso Por parte del emisor está continuamente llegado al receptor. La detección se produce en el momento en que se interrumpe el haz luminoso. Se utilizan para distancias de hasta 100 metros y para detectar objetos opacos (objetos que no permiten pasar la luz). **Figura 11.**

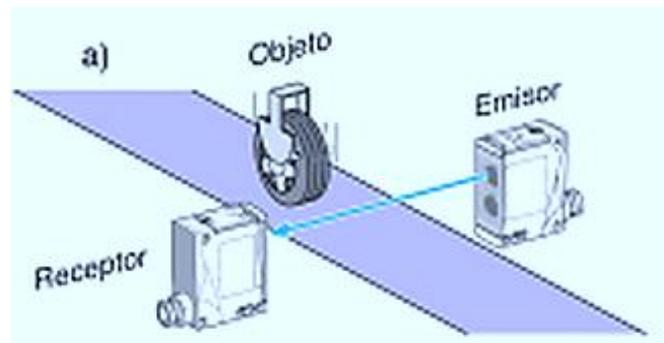


Figura 11. Sensor fotoeléctrico de barrera. [19]

- **Detectores basados en sistema réflex:** en este sistema el emisor y el receptor están en el mismo módulo, de manera que la reflexión del haz luminoso se produce sobre un espejo (reflector). La detección se produce en el momento en que se interrumpe el haz luminoso. Su alcance se reduce entre 2 y 3 veces respecto del sistema barrera. **Figura 12.**

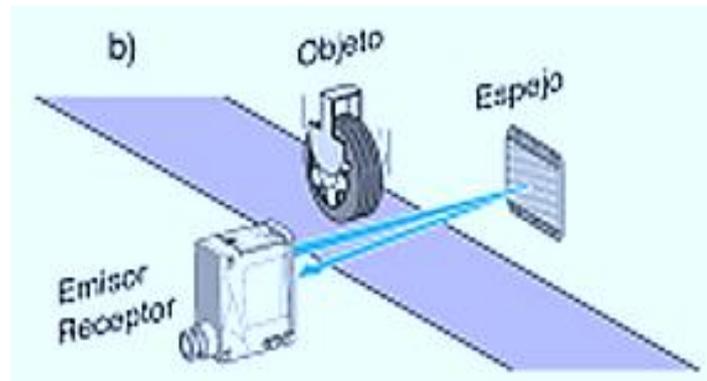


Figura 12. Sensor fotoeléctrico de reflex. [19]

2.2.4. Nivel de Campo

Realiza la unión entre las instalaciones y los equipos que la controlan. Permiten la comunicación entre los equipos de control de maquinaria y los equipos de nivel de cédula. La periferia distribuida en planta, compuesta por módulos de entradas/salidas, medidores, sistemas de control de velocidad, válvulas o pantallas de operador, utiliza técnicas de transmisión muy eficientes, capaces de trabajar en tiempo real mediante comunicaciones cíclicas o acíclicas. Las redes de bus de campo (niveles superiores) incorporan la Capa de Aplicación, que permite implementar rutinas de control en el elemento situado en planta o en el controlador. A demás proporcionan seguridad intrínseca para los elementos utilizados en zonas peligrosas. [11]

2.2.5. Nivel de Célula

Procesa las tareas de automatización. Aquí aparecen los autómatas, PC's y equipos de visualización. La transferencia de información es considerable, aumentando el tamaño de los paquetes de información y el tiempo de tránsito necesario para la transmisión de éstos. Ya no es tan importante la rapidez, prima más la seguridad del envío. [11]

2.2.6. Nivel de Planta y Gestión

Procesa tareas de tipo corporativo que implican, generalmente, grandes cantidades de información (administración). Se puede acceder a todos los puntos de la red, por ejemplo, recoger datos de proceso y transmitir nuevas consignas de producción. Puede haber cientos de puestos de trabajo (estaciones).

Los equipos que aparecen aquí son Ordenadores Personales (PC), mini computadores y grandes equipos informáticos. Desde aquí se accede al exterior mediante redes de área amplia (WAN). [11]

2.2.7. PLC

Un PLC (*Controlador Lógico Programable*) o autómata programable es una computadora utilizada en ingeniería de automatización industrial, porque posee las herramientas necesarias, tanto de software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo a un programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar. [20].

Este dispositivo controla una máquina o proceso y puede considerarse simplemente como una caja de control con dos filas de terminales: una para salida y la otra para entrada.

- Los terminales de entrada reciben señales de realimentación (feedback) para conexión a dispositivos como interruptores, sensores de proximidad, pulsadores y otros dispositivos de entrada. [16]
- Los terminales de salida proporcionan comandos para conectar dispositivos como válvulas, motores, lámparas y otros dispositivos de salida.

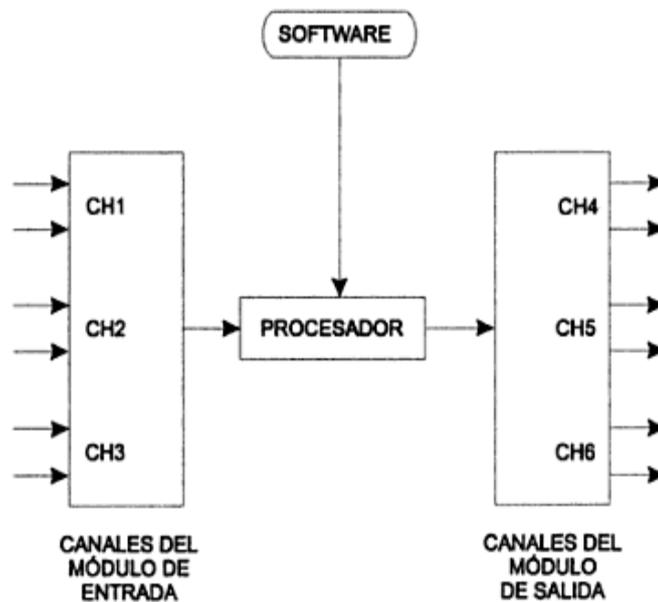


Figura 13. Estructura básica de un PLC. [21]

2.2.8. HMI

HMI (Interfaz Hombre Maquina) son sistemas que se puede comparar como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. **Figura 12.**

Nueva línea de paneles HMI para cubrir las necesidades básicas de supervisión y control a pie de proceso. Incorpora un puerto Profinet /Industrial Ethernet que permite una interacción perfecta con el SIMATIC S7-1200. [17]

Funciones de la HMI

- *Monitoreo*: es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- *Supervisión*: esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- *Alarmas*: es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos. [22]

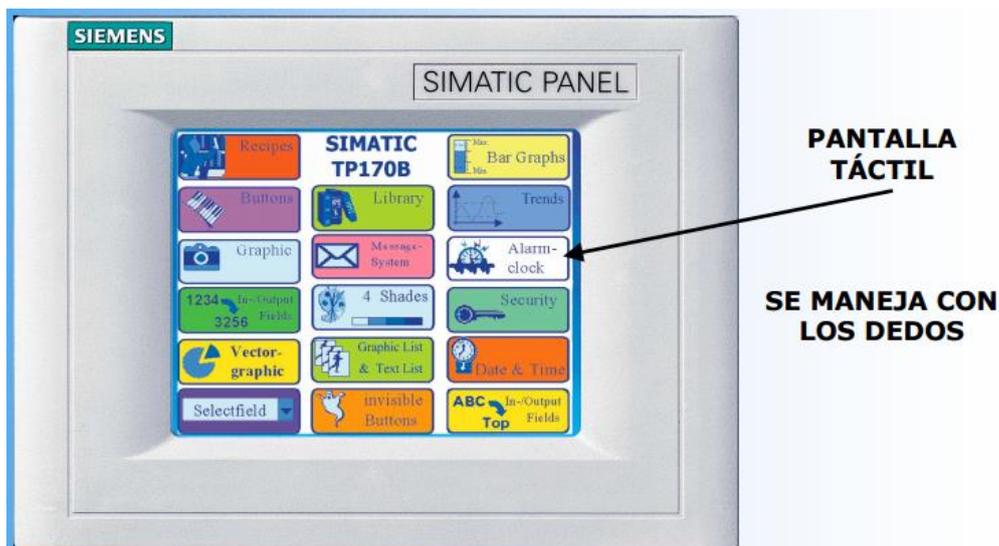


Figura 14. Panel de Operador Táctil. [23]

2.2.9. Software Tia Portal

TIA PORTAL STEP7 Basic es un software orientado a tareas, esta herramienta de ingeniería permite la programación de los PLC's y a la vez la configuración de los paneles SIMATIC HMI, en un sistema de automatización se ha popularizado varias equipos de configuración. **Figura 15.**

Gracias al framework de ingeniería que ofrece (TIA Portal) prácticamente desaparecen las fronteras entre estos productos de software. En el futuro, este framework será la base de todos los sistemas de ingeniería para la configuración, programación y puesta en marcha de autómatas/controladores (PLC), sistemas de supervisión / pantallas y accionamientos incluidos en Totally Integrated Automation. [24]

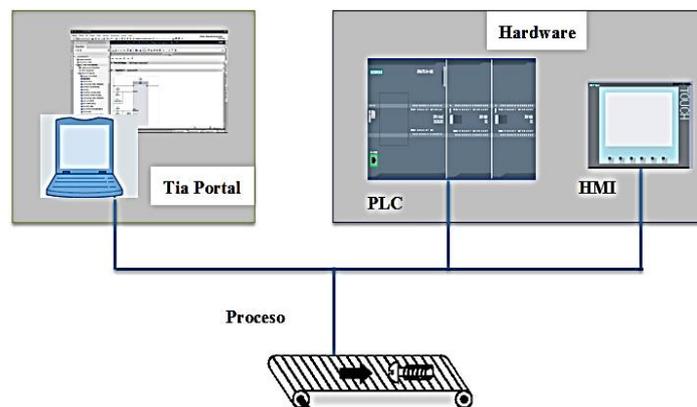


Figura 15. Arquitectura de programación en Tia Portal.

2.3. Sistemas de Empaquetado

El proceso de empaquetado es de gran importancia en la producción industrial, ya que de él depende la protección de los productos frente a los riesgos que pueden enfrentar en los diferentes ciclos de la cadena de distribución. [25]



Figura 16. Ejemplo de empaquetado. [25]

En la actualidad, los sistemas de empaquetado son coordinados mediante el cual los productos elaborados o cosechados, estos son acomodados dentro de un conjunto empaque para su traslado del sitio de producción al sitio de consumo sin que sufran daño alguno.

Su objetivo principal es facilitar el acopio, empaclado y clasificación de mercancías para su envío, protegiéndolas de riesgos físicos y ambientales durante su almacenamiento y transporte. Su última función es motivar al consumidor para que lo adquiera, garantizándole que éste se encuentra en las mismas condiciones de calidad que tenía en el momento de su recolección o fabricación. [26]

- **Contener.** El empaque debe tener una capacidad específica para que el producto se encuentre bien distribuido.
- **Compatibilidad.** El empaque debe ser compatible con el producto para evitar que se transmitan aromas o microorganismos que contaminen el producto.
- **Retener.** El empaque debe conservar todos los atributos del producto.
- **Práctico.** El empaque debe poder armarse, llenarse y cerrarse fácilmente.

Un claro ejemplo del sistema de empaquetado se muestra en la **Figura 17**, donde una mesa puede ser usada para empaquetar una variedad de cosas. El producto es alimentado a lo largo de un transportador, y los operarios seleccionan y llenan las cajas en sus estaciones de trabajo.

Luego una banda para el desecho ha sido añadida por debajo de la banda de abastecimiento, permitiendo una fácil eliminación del material de desecho. Cada operario puede trabajar independientemente, organizándose como necesite y ocasionalmente, puede además verificar el peso de las cajas. [27]

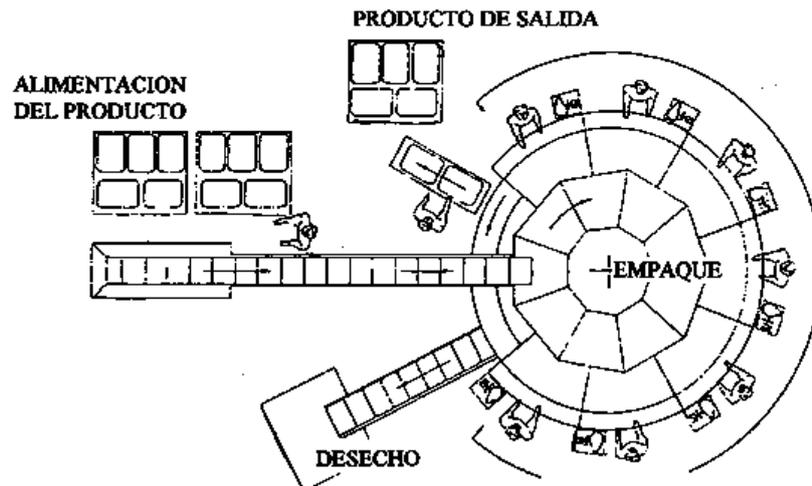


Figura 17. Ejemplo de empaquetado. [27]

2.4. Propuesta de la Solución

La Automatización del Sistema de Control de Empaquetado de Blíster, mejoró la calidad del proceso final, además los controles que se realizaron son más precisos para el personal encargado de la maquinaria.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad de la investigación

Al tratarse de un Proyecto de Investigación Aplicada (I), las modalidades de investigación fueron:

- Investigación Bibliográfica, por ser una herramienta indispensable para empezar la realización de todo proceso de investigación, la cual contribuye conocimientos que permitieran conocer, ampliar, profundizar y deducir diferentes teorías, conceptualizaciones y criterios de autores sobre una cuestión determinada; basándose en fuentes de consulta como son: libros, revistas, documentos, direcciones electrónicas, relacionados con el tema de investigación.
- Investigación de campo, es de campo ya que el investigador podrá conocer cuál es el principal problema en el empaquetada de blíster en la Farmacéutica, para poder recolectar la mayor cantidad de información, se contextualizó y se formuló una propuesta para solucionar el problema, por medio de entrevista y fotografías.

3.2. Recolección de la Información

Las técnicas que se emplearon en cuanto a la recolección de la información para el presente proyecto de investigación fueron la entrevista y la observación.

- La entrevista permitió obtener información de forma directa y personalizada del personal encargado de la máquina empaquetadora, y así se podrán cubrir varias inquietudes las cuales contribuirán en el desarrollo del proyecto.
- Para el presente proyecto de investigación la observación fue de gran utilidad, porque permitió obtener información para conocer en qué estado se encontraba la máquina y en donde se desarrollará la investigación.

3.3. Procesamiento y Análisis de Datos

Una vez obtenida la información, se procedió a una revisión crítica para realizar la corrección necesaria. Después el análisis de los resultados del procesamiento de la información estará ligeramente ligado a los conceptos del marco teórico directamente relacionado con los objetivos de la investigación en conjunto con la propuesta para posteriormente exponer las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto de investigación.

3.4. Desarrollo del Proyecto

Conforme al estudio realizado, se procedió a la automatización de un sistema apropiado que controle el proceso de empaquetado y que maximice su producción.

Este sistema una vez adaptado según exigencias del cliente, cumplió con una serie de etapas ordenadas, que optimizó las operaciones del proceso.

- Recolección de información de la máquina encartonadora de blísters.
- Análisis del sistema de empaquetado.
- Automatización del sistema electrónico que permita manejar todas las variables a intervenir.
- Interfaz gráfica mediante algoritmos de procesos para poder monitorear las variables de control.
- Conexión física y lógica a fin de establecer la integración entre el ordenador, los equipos y el personal encargado.
- Implementación de un sistema de Backup, para realizar los procesos de control de comunicación en forma remota (PROFINET).
- Pruebas y controles del funcionamiento de la automatización del sistema de control de empaquetado de blísters en la farmacéutica PROPHAR S.A. del cantón Rumiñahui de la provincia de Pichincha.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se detalla el proceso de la máquina empaquetadora de blísters, para lo cual se inicia con las características de cada uno de los dispositivos que se reemplazaron. Para mejorar la eficiencia de la máquina, se tomó en cuenta, que el autómeta programable debe tener un diseño escalable y flexible, que permita ampliar los servicios de la encartonadora.

La máquina que se automatizó, consta de una serie de procesos que trabajan en unión y coordinación con los sistemas neumáticos y mecánicos, gracias a que su diseño es compacto y optimiza las operaciones del proceso, permitiendo tener una buena dosificación de blísters para un correcto empaquetado.

4.1 Recolección de información de la máquina encartonadora de blíster.

Se realizó una entrevista al jefe de mantenimiento de la empresa y se recolectó la información del sistema de empaquetado de blísters, en la que se indicó que PROPHAR cuenta con una máquina como la que se muestra en la **Figura 18**. Esta fue adquirida a unos proveedores en Alemania y cuenta con los planos eléctricos, éste ayudó a identificar las entradas, salidas, sensores, etc., para la automatización.

Además el PLC, la HMI y el motor a pasos se encuentran obsoletos y no cuentan con el software necesario para actualizarlos. En vista de eso la fábrica necesitó, para la automatización de equipos de última generación, como es el caso de SIEMENS.



Figura 18. Máquina Encartonadora UHLMAN 100.

La máquina cuenta con una placa de características en la que se indica cual es tensión y a que frecuencia se debe accionar la empaquetadora. **Figura 17.**



Figura 19. Placa de la máquina.

Como se muestra en la **Figura 20**, para las conexiones eléctricas y conexiones a la red de la máquina, se efectuó con la ayuda de un electricista calificado que la empresa puso a disposición.



Figura 20. Instalaciones eléctricas.

4.2 Análisis del sistema de empaquetado.

Se recolectó la información necesaria del proceso, donde la materia prima; blísters y cajas para el empaquetado, son entregados y cada operario se encarga de armar el estuche, introducir las plaquetas y después sellarla. Una vez terminada esta actividad proceden a quitar manchas de cada producto, para luego ser distribuidos.



Figura 21. Proceso manual del empaquetado de blísters.

AUTOCAD es un software único en su género porque posee la capacidad de edición, diseño de dibujos digitales de planos o la recreación de las imágenes en 3D. Es uno de los programas más usados por diseñadores industriales y por tal motivo que se utilizó en este trabajo, para el diseño de cada una de las partes que conforma la máquina.

4.2.1. Datos técnicos de la máquina

En la **Tabla 1**, se describe los datos técnicos de la encartonadora, en la que consta: el rendimiento de la máquina, que es la capacidad de empaquetado de los blíster en un determinado tiempo y el tamaño de los estuches que se necesita para el proceso.

Tabla 1. Datos técnicos de la máquina encartonadora. [28]

DATOS TÉCNICOS	
Rendimiento (estuches/minuto)	100
Conexión eléctrica (KW)	2.0
Consumo medio (KW)	1.25
Peso neto (Kg)	700
Gama de formato estuche (mm)	A X B X H
Min.	30 X 15 X 70
Max.	100 X 85 X 150
Dimensiones (mm)	L X B X H
Sin cadena de productos	1875 X 1250 X 1660
Con cadena de productos	2575 X 1250 X 1660
ALMACÉN DE PRODUCTOS	
Capacidad	Max. 300 blísters / min.

4.2.2. Accionamiento Principal de la máquina

En el sistema de empaquetado, la máquina es accionada por un motor principal, cuyo accionamiento es conectado a un engranaje, ajustable y sin graduaciones.

El ajuste de velocidad es accionado por un servomotor, controlado a través de botones del panel de operador; para trabajos de ajuste manual o cuando el producto se queda atascado en las cadenas de transferencia, la máquina está equipada con una rueda manual, prevista de desenclave de seguridad, que permite solucionar problemas.

4.2.3. Control eléctrico

El control y el mando de la máquina se efectúan por un PLC y los módulos de éste sistema son incorporados en una unidad receptora, la posición de la máquina se detecta por un transmisor de velocidad, que indica de manera digital en el módulo del programa la velocidad a la que se encuentra trabajando.

La separación de las plaquetas se manda por un motor a pasos. El proceso de la máquina es programada por la ingeniera y no puede ser influenciado por el cliente.

La encartonadora cuenta con bandas de transferencia (*cadena*) para transportar el producto durante todo el proceso; como la cadena de producto y la cadena de estuches, además poseen dos almacenes para depósito de blísters y de cajas.

La máquina posee guardas (*puertas*) que permite revisar el funcionamiento de los diferentes dispositivos conectados, estas deben estar cerradas para que no exista ningún accidente de atrapamiento de la persona que la manipula. **Figura 22.**

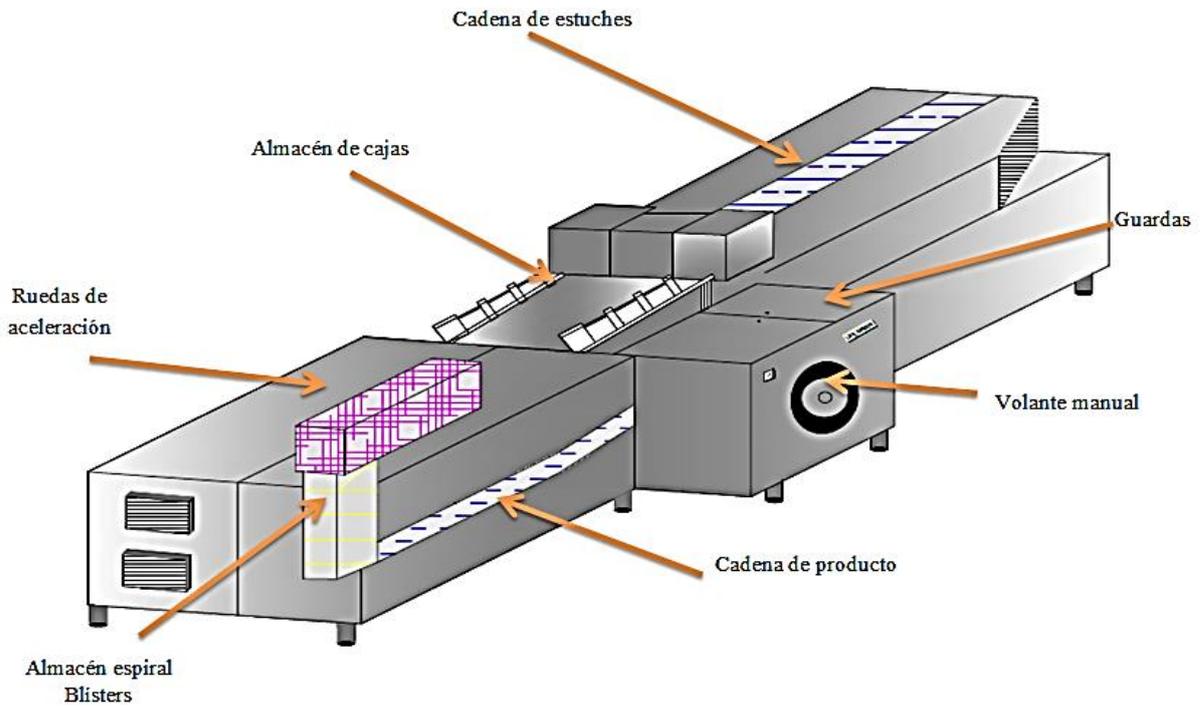


Figura 22. Diagrama de la máquina encartonadora.

4.2.4. Proceso de empaquetado.

Los blísters elaborados son entregados por una cinta acumuladora hacia las ruedas de aceleración, dónde las plaquetas son levantadas sobre las piezas de apoyo, alcanzando así un apilamiento en el almacén espiral, la altura de la pila se determina ajustando la barrera luminosa. **Figura 23.**

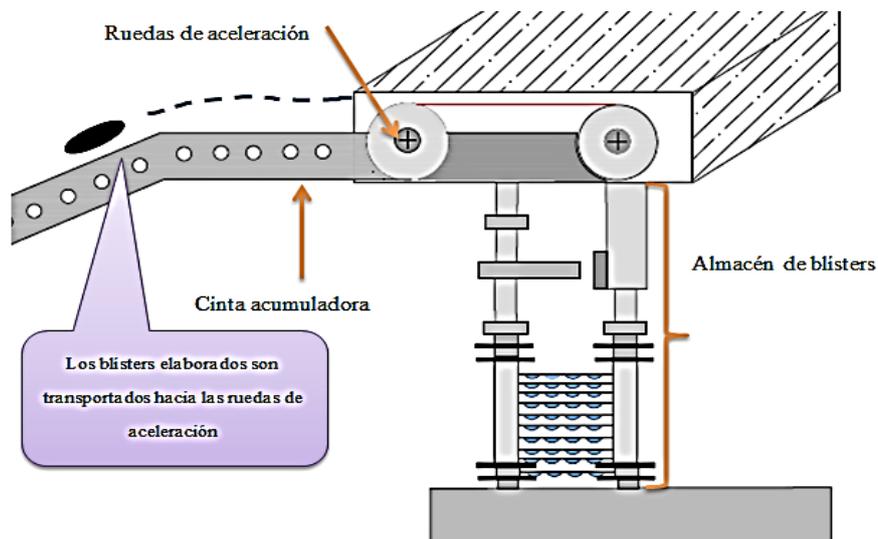


Figura 23. Diagrama del almacén de blísters.

Cuando existe un sobrellenado en el almacén la barrera luminosa se desactiva un (*sensor fotoeléctrico que requiere de un componente emisor que genera luz y un componente receptor que recibe la luz generada por el emisor*), cuando existe una obstrucción entre el emisor con el receptor, se detiene el abastecimiento de blísters. La cadena de producto está formada por 7 placas superpuestas, por donde viajan los blísters y para conocer este dato entre placas se midió cada separación, obteniendo como resultado 20 cm. **Figura 24.**

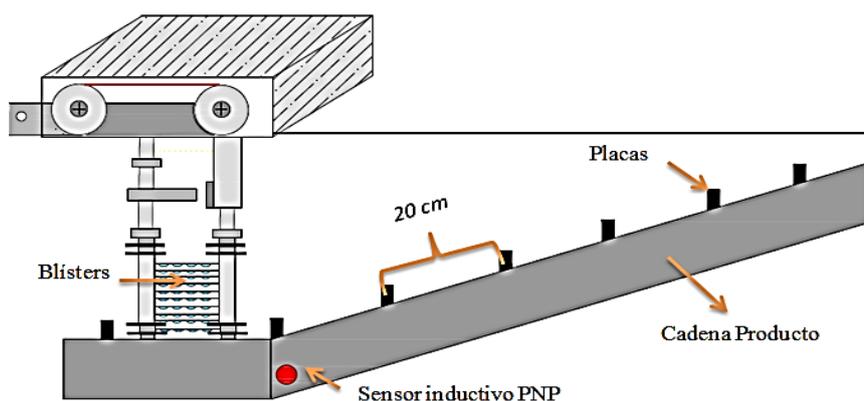


Figura 24. Cadena de producto.

Cada vez que el sensor inductivo detecta la presencia de estas placas, envía una señal de confirmación al PLC, habilitando el motor a pasos y con cada vuelta que el motor recorra se dosifica el blíster, una vez que cumpla con este proceso son depositados en la cadena de productos. **Figura 25.**

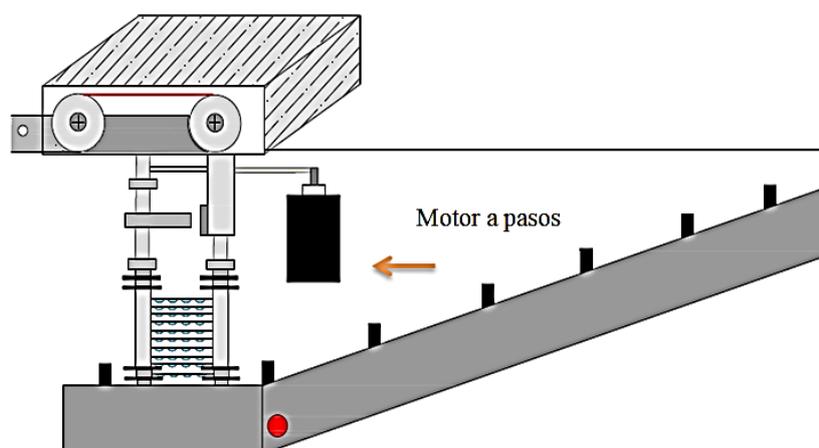


Figura 25. Dosificación de blísters.

La **Figura 26** muestra un ejemplo de la cadena de producto y en la primera posición se encuentra un sensor que va a detectar la presencia del producto y éste envía una señal de confirmación al PLC indicando que el blíster verdaderamente se desplaza por la cadena y está listo para ser empaquetado.

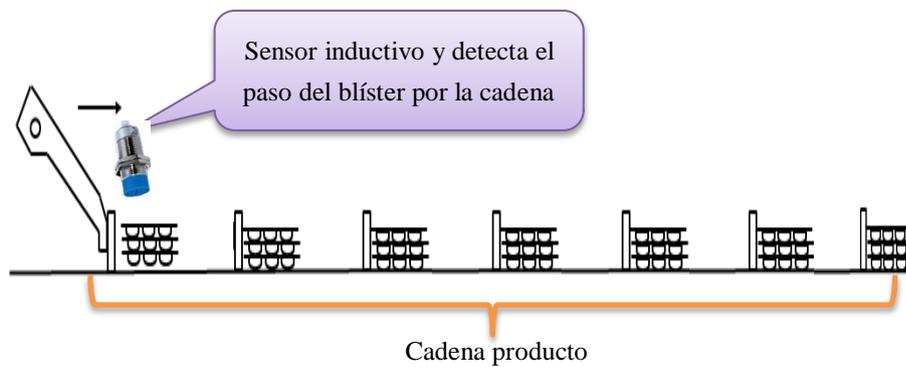


Figura 26. Blísters transportados.

Cuando el blíster se encuentre en la sexta posición de la cadena, se acciona una electroválvula de toma de cajas, para este proceso previamente funciona debe estar activado la bomba de aire.

Esta electroválvula cuenta con una bobina eléctrica que al ser excitada con tensión (o intensidad) genera un campo electromagnético que atrae al núcleo de la válvula dejando pasar el aire. Cuando se corta la excitación eléctrica, el campo magnético cesa y el núcleo que dispone de un muelle vuelve a la posición inicial cortando el flujo de aire.

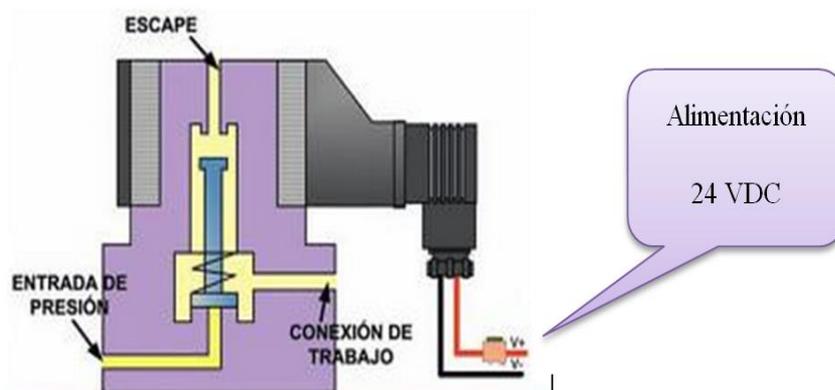


Figura 27. Electroválvula.

La **Figura 28** muestra el funcionamiento de las ventosas, donde succiona la caja, y la deposita en la banda de estuches.

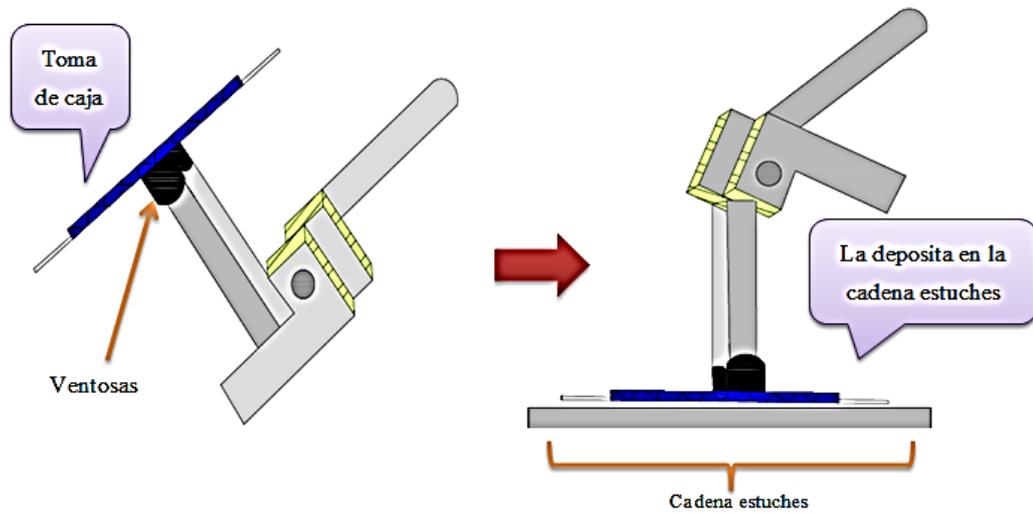


Figura 28. Toma de caja.

La caja es depositada en la cadena de estuches, sincrónicamente el blíster es introducido en el estuche abierto. Aquí existe un control de llegada de las plaquetas mediante el sensor óptico (*detecta el blísters a través de un lente óptico*) y manda una señal al PLC confirmando que verdaderamente el blíster está listo para el ingreso a la caja. Con ayuda de una palanca que los empuja, son introducidos en la caja y transportados a través de la banda. **Figura 29.**

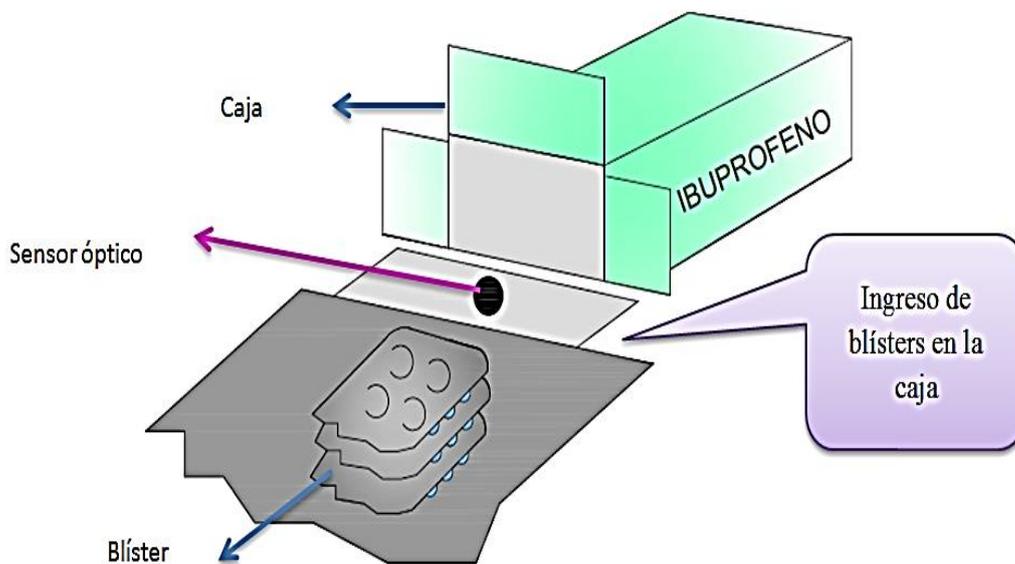


Figura 29. Ingreso de blísters a la caja.

El blíster ya en la caja, es transportado a través de la cadena de estuches. Conforme el producto se desplaza, unos acoples se mueven al ritmo de la máquina y le dan forma hasta que se cierre la caja. **Figura 30.**



Figura 30. Salida de caja por cadena de estuches.

La **Figura 31** muestra que al final del proceso se activa la electroválvula de expulsión del estuche, este control indica que la caja se encuentra llena y cae en un contenedor para luego ser distribuido. Si la caja está vacía sigue hasta el final de la cadena de estuches y la expulsa. En caso de una colisión mecánica un seguro de sobrecarga se desenclava y para la máquina.

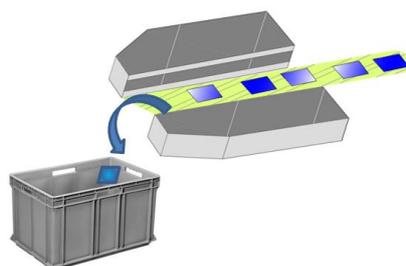


Figura 31. Expulsión de la caja.

Como se muestra en la **Figura 32**, en el panel de operador se encuentran los accionamientos y controles para el arranque de la máquina, además cuenta un sistema de luces alarma.



Figura 32. Panel de Operador.

La **Tabla 2**, resalta las características del funcionamiento de cada uno de los botones que conforman el panel de operador.

Tabla 2. Datos del panel de operador.

SERVICIOS:
<p>Arrancar el motor de accionamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Botón ARRANQUE: accionamiento de máquina.</i>
<p>Ajuste de velocidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ajustar los botones para acelerar o desacelerar la máquina.</i>
<p>Lámparas de señal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Aire comprimido.</i> • <i>Parada de emergencia.</i> • <i>Protector del motor.</i> • <i>Accionamiento principal.</i> • <i>Cadena de estuches.</i> • <i>Cadena productos.</i> • <i>Introducción.</i> • <i>Interruptor principal.</i> • <i>Estuche.</i>
<p>STOP:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Botón STOP: el motor principal de la máquina se para.</i>
<p>RESET:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Botón RESET: Reseteo de accionamientos de la máquina</i>
<p>Bomba de vacío:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ayuda a la activación de electroválvula de toma de caja</i>
<p>Blísters:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Selección de con blísters o sin blísters</i>

4.2.5. Análisis de la parte mecánica de la máquina.

Según el manual de la máquina ULHMANN C100 PAC SYSTEM, recomienda formas de mantener a la empaquetadora en buen estado, a continuación se muestra algunos detalles para el mantenimiento. La **Tabla 3** indica cada que tiempo se debe dar mantenimiento a la máquina y que materiales se debe ocupar.

Tabla 3. Lista de mantenimiento y de inspección.

CADA SEMANA	CADA MES	CADA 3 MESES
a) Placa neumática (purgar el agua condensada). b) Barreras luminosas (limpiar el emisor y reflector).	a) Accionamiento principal (control de engrase). b) Engranaje paso a paso (control del engrase).	a) Placa neumática (limpiar el filtro). b) Cadenas (engrasarlas). c) Introducción del producto (engrasar las guías esféricas).

4.2.6. Sistema neumático

En la placa neumática el aire comprimido es entregado por un compresor y éste alimenta a las diferentes estaciones.

Tabla 4. Lista de mantenimiento del sistema mecánico.

ENGRASADOR	FILTRO	MONORREDUCTOR
Para engrasar los cilindros neumáticos, se recomienda usar aceites hidráulicos.	Purgar el líquido, cuando el nivel de la placa de rebotamiento es alcanzado.	La presión es indicada en cada manómetro correspondiente.

4.2.7. Ajuste de las guías del almacén de estuches

En el almacén de estuches las cajas planas son apiladas, según el tamaño del estuche hay que ajustar las guías. Los sujetadores de la parte inferior del almacén facilitan la apertura del estuche, para que después sean tomados por las ventosas. La **Figura 33** muestra cómo se deben colocar las guías, donde se debe soltar, empujarlas hacia atrás y colocar el estuche en el almacén según el croquis.

- 1) Ajustar guía a la anchura del estuche.
- 2) Concertar la longitud del estuche en sentido perpendicular, teniendo en cuenta que desde el borde del estuche hasta las guías debe haber una distancia de 3[mm].
- 3) Rebotar la guía anchura del estuche en la caja.
- 4) Ajustar la guía según longitud del estuche y el centro de la solapa.
- 5) Concertar la longitud del estuche en sentido perpendicular, teniendo en cuenta que desde el borde del estuche hasta las guías debe haber una distancia de 3[mm].
- 6) Apretar las guías.

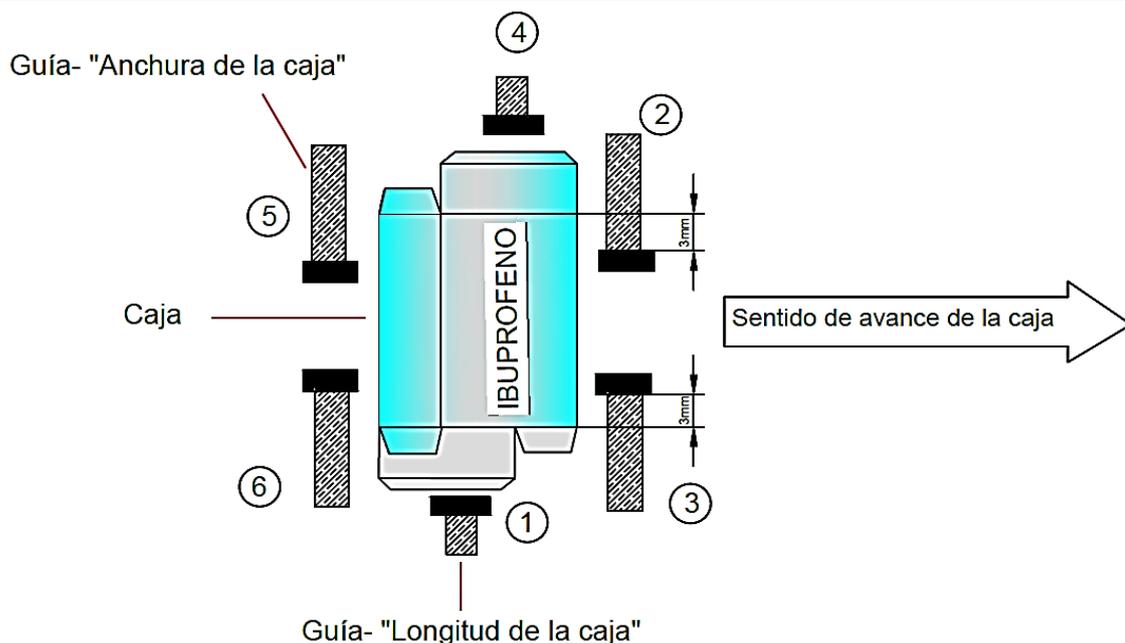


Figura 33. Ajuste de las guías de estuches.

4.2.8. Ventosas

El depósito de cajas es separado por ventosas, cuando gira el brazo, éstas rebotan contra la guía. El sujetador de cajas evita que el estuche se levante al ser tomado por el brazo porta-ventosa. La **Tabla 5** muestra los datos para la elección del diámetro de las ventosas, según tamaño de la caja.

Tabla 5. Selección del diámetro de la ventosa.

ANCHURA DEL ESTUCHE	DIÁMETRO DE LA VENTOSA
30[mm]	17[mm]
>30[mm]	30[mm]

Es importante recordar que si se trabaja con una sola ventosa hay que cerrar mediante una cinta adhesiva la perforación destinada para la conexión del vacío. Para el ajuste del brazo porta-ventosa se coloca la caja abierta en la banda de transferencia, meter el brazo mediante rueda manual, desmontar la protección, soltar el huesillo hexagonal, girar el volante de manera que la ventosa toque el estuche, apretar el huesillo hexagonal y montar la protección.

Para ajustar la distancia entre las ventosas, se debe meter 2 [mm] delante de cada borde y apretar los tornillos. **Figura 34.**

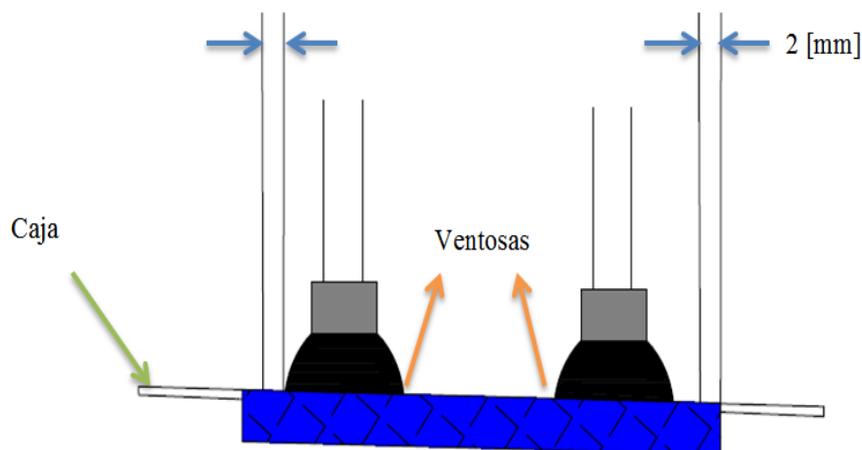


Figura 34. Ajuste de la distancia entre las ventosas.

4.2.9. Mantenimiento de la cadena de estuches.

En la cadena, los estuches abiertos son llenados de productos y después cerrados, el movimiento intermitente se efectúa por un engranaje paso a paso. Por medio del huesillo de ajuste se ajusta las cintas de descarga, según la longitud del estuche. La **Figura 35** muestra que el borde delantero de la pieza transportadora del estuche tiene que coincidir con el borde delantero del listón erector.

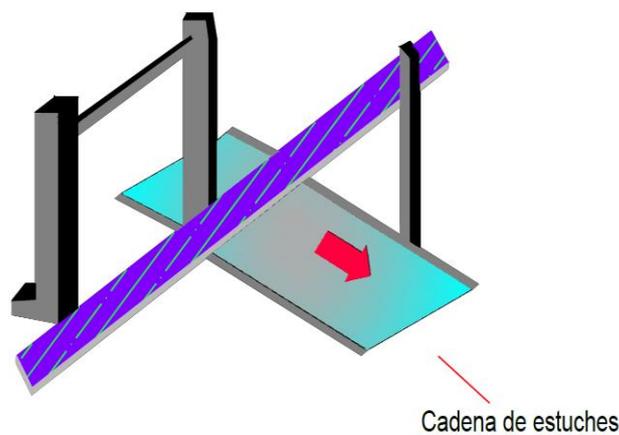


Figura 35. Ajuste de la anchura del estuche.

- Enclave el seguro de sobrecarga.

La lámpara de señal (cadena de estuches) del panel de operador esta iluminada, sacar la rueda manual girarla en dirección de la flecha hasta que el seguro de sobrecarga enclave, apretar la “puesta a cero” y arrancar la máquina.

4.2.10. Almacén de blísters

En el almacén las plaquetas entregadas por la cinta de transferencia son apiladas, la separación de blísters no se efectúa, si un nivel mínimo no es alcanzado. En caso de una parada de la encartonadora este expulsador elimina las plaquetas buenas antes de llegar al almacén. Tan pronto como se destape la correa de aceleración, el motor de accionamiento se corta.

4.2.11. Separación de las plaquetas

Las arandelas de separación cuentan la cantidad requerida de plaquetas, para luego colocarlas en la cadena de productos. Cada revolución de la arandela significa una plaqueta separada. Las arandelas son accionadas por un motor a paso, mandado electrónicamente, a través de una correa dentada.

4.2.12. Ajuste de la cantidad de plaquetas

En el armario eléctrico hay una carta enchufable. Se selecciona el valor “Z”. Hay que tener un espacio libre de 4 x espesor del blíster entre la pila de las plaquetas y el disco descargador, la pila de plaquetas y la arandela

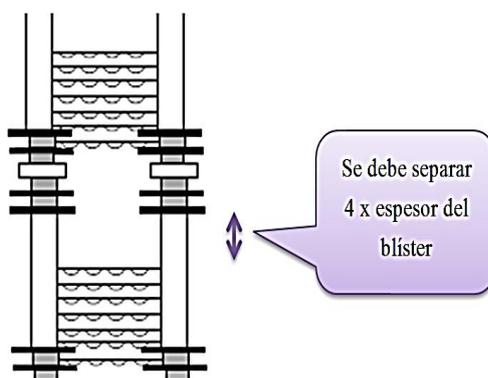


Figura 36. Ajuste de las arandelas de separación.

4.2.13. Cadena de productos

En la cadena de productos los blísters son transportados, sincrónicamente a la cadena de estuches, para ser introducidas en el estuche.

Tabla 6. Selección del diámetro del blíster.

ALTURA DE LA PILA DE PLAQUETAS	EMPUJADOR
$\leq 40[\text{mm}]$	A
$>40[\text{mm}]$	C

4.3. Automatización del sistema electrónico

La **Figura 37** muestra el diagrama de flujo del proceso de automatización, aquí se representa gráficamente cada etapa del empaquetado de blísters, con la ayuda de este diagrama se sintetizó toda la programación.

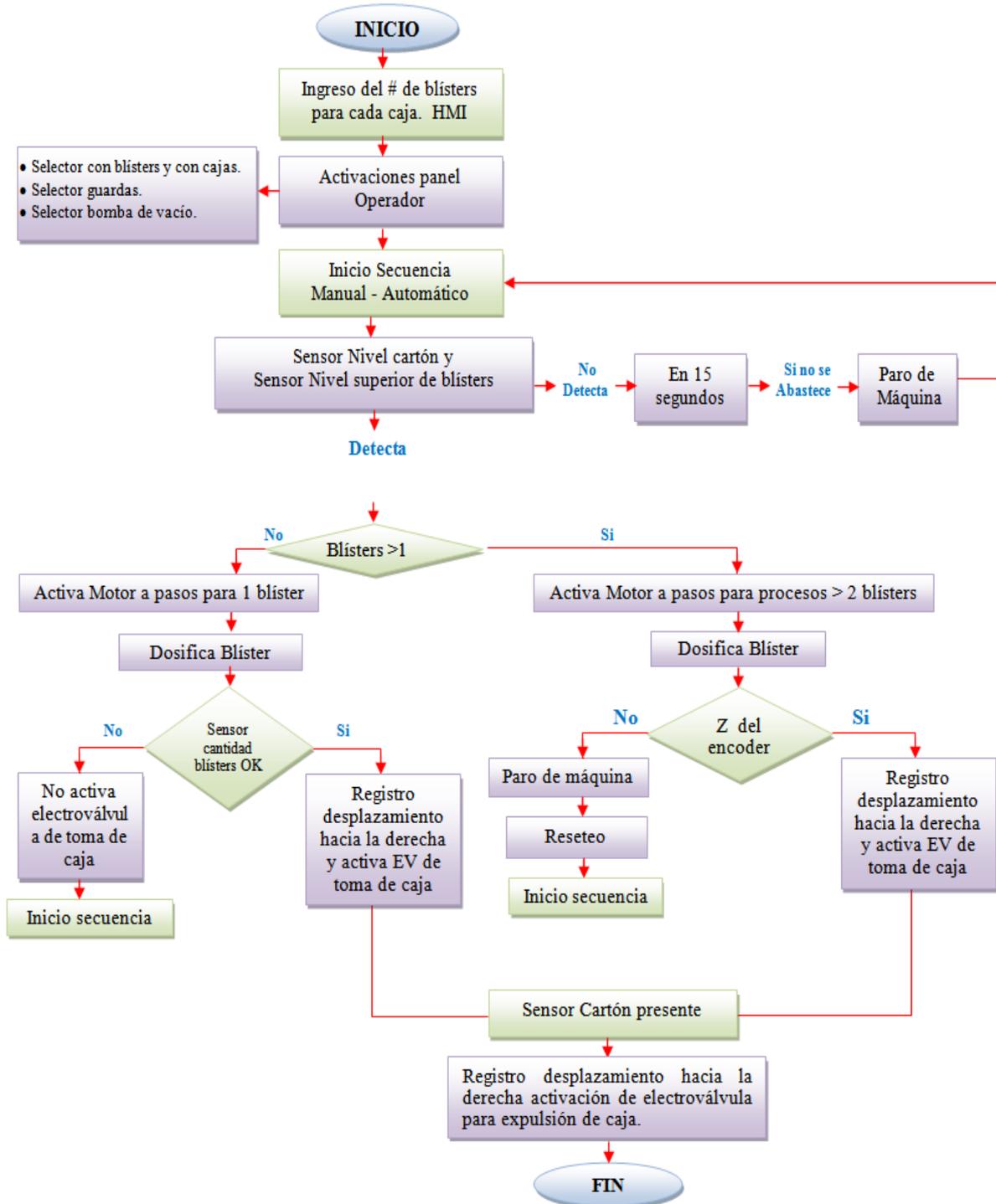


Figura 37. Diagrama de flujo de las etapas del proceso.

4.3.1. Nomenclatura de los dispositivos conectados en la máquina empaquetadora.

En la **Tabla 7**, muestra la lista de los nombres y la nomenclatura de los equipos utilizados para la automatización como: sensores, electroválvulas, pulsadores, selectores, transformadores y fuentes.

Tabla 7. Nomenclatura de elementos.

NOMENCLATURA	ETAPA
ENTRADAS	
63S1	<i>Selector repetir fallas.</i>
63S2	<i>Selector funcionamiento con o sin blísters.</i>
64B1	<i>Sensor superior toma de blísters.</i>
64B3	<i>Sensor limita vuelta motor a pasos.</i>
64B4	<i>Sensor producto presente.</i>
64B6	<i>Sensor cartón presente.</i>
65B1	<i>Encoder.</i>
78B3	<i>Sensor nivel cartón.</i>
78B5	<i>Selector posición eje.</i>
78B6	<i>Sensor final caja mala.</i>
78B7	<i>Sensor volante manual.</i>
B1	<i>Sensor Blíster toma de caja.</i>
5551	<i>Selector sobrecarga producto en cadena.</i>
5553	<i>Selector sobrecarga de cartón.</i>
65F1	<i>Pulsador presencia de presión de aire.</i>
6464	<i>Selector sobrecarga accionamiento principal.</i>
6651	<i>STOP.</i>

61S15	<i>Guardas.</i>
K1.6137	<i>START.</i>
66S53	<i>Botón de Reseteo.</i>
78B6	<i>Paro de Emergencia.</i>
6554	<i>Sobrecarga del motor principal.</i>
6656	<i>Liberación estuchador.</i>
61K3	<i>Selector producción manual.</i>
1V1	<i>Fuente de 24 VDC.</i>
1T1	<i>Transformador de 480 V a 220V.</i>
6501	<i>Adelante encoder</i>
6502	<i>Hacia atrás encoder</i>
6503	<i>Punto de referencia encoder</i>
SALIDAS	
7061-K1	<i>Unidad principal de embrague.</i>
Y4	<i>Freno de accionamiento principal.</i>
68Y1	<i>Electroválvula toma cartón.</i>
68Y3	<i>Electroválvula expulsión de cartón.</i>
68K5	<i>Encendido máquina.</i>
69H1	<i>Luz sobrecarga producto loading.</i>
69H2	<i>Luz sobrecarga cadena producto.</i>
69H3	<i>Luz sobrecarga cadena cartón.</i>
69H4	<i>Luz no existe presión de aire.</i>
69H5	<i>Luz de guardas.</i>
69H6	<i>Luz falla cartón.</i>
69H8	<i>Luz sobrecarga motor principal.</i>
73H1	<i>Luz parada de emergencia.</i>
73H2	<i>Luz sobrecarga motor.</i>

4.3.2. Variables de interés en el proceso de automatización de la encartonadora.

La **Tabla 8** detalla las variables más relevantes que interviene en el proceso de empaquetado de blísters, logrando así tener una eficiencia en la automatización.

Tabla 8. Variables del proceso.

VARIABLES	FUNCIÓN
Encoder 65B1.	<i>Es un dispositivo que se conecta mecánicamente a un eje con el objetivo de conocer su posición angular. Mediante la generación de impulsos, existe un sensor que genera señales digitales en respuesta al movimiento y dependiendo del ángulo en que se encuentre permite la toma de cajas.</i>
Sensor nivel superior de blísters 64B1.	<i>Este sensor permite saber si existe un abastecimiento de blísters en el almacén antes de empezar la producción.</i>
Sensor limita vuelta motor a pasos 64B3.	<i>Según el número de vueltas que se necesite para la dosificación de blísters, este sensor limita la vuelta al motor a pasos.</i>
Sensor cartón presente 64B6.	<i>Este sensor nos da la confirmación que la caja ha sido depositada en la cadena de estuches para el ingreso del blíster.</i>

Sensor nivel superior de cartón.	<i>Este sensor permite saber si existe un abastecimiento de cartón en el almacén antes de empezar la producción.</i>
Sensor producto presente 64B4.	<i>Este sensor permite conocer si el blíster está pasando por la banda transportadora y también para que se active la electroválvula de toma de caja.</i>
Sensor Z.	<i>Este sensor cada vez que detecta la ranura de la cadena de producto active el motor a pasos para la dosificación de blísters.</i>
Electroválvula toma de cartón 68Y1.	<i>Esta electroválvula se acciona cuando el sensor producto presente se activa, toma la caja y la deposita en la cadena de estuches.</i>
Electroválvula expulsión de cartón 68Y3.	<i>Cuando el sensor que verifica de que el producto presente detecta la presencia del blíster, se acciona la electroválvula y bota la caja.</i>
Luz de guardas 69H5.	<i>Esta luz indica si las guardas se encuentran accionadas, es decir que todas las puertas de la máquina se encuentran abiertas.</i>
Parada de emergencia.	<i>Este pulsador se activa cuando el operador detecta alguna anomalía en la máquina y sirve para parar el proceso de producción.</i>
Pulsador START	<i>Botón de arranque del proceso.</i>
Pulsador STOP	<i>Para todos los procesos de la máquina.</i>

4.3.3. PLC SIMATIC S7-1214 DC/DC/DC

El autómata SIMATIC 1214 DC/DC/DC de la familia de SIEMENS, es un dispositivo que ha revolucionado el mundo de la automatización, porque ofrece una resistencia necesaria para controlar una gran variedad de dispositivos. Este autómata posee un amplio juego de instrucciones y se convierte en la solución ideal para controlar una gran variedad de aplicaciones.

El PLC contiene en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada de 24 [VDC], circuitos de entrada y salida, profinet integrado, entradas y salidas de alta velocidad para el control de motores y entradas analógicas, conformando así un potente controlador, como se muestra en la **Figura 38**.

Dentro de la configuración de este dispositivo se puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, que según lógica de programación controla las entradas activando las salidas, y además permite la comunicación con otros dispositivos inteligentes.

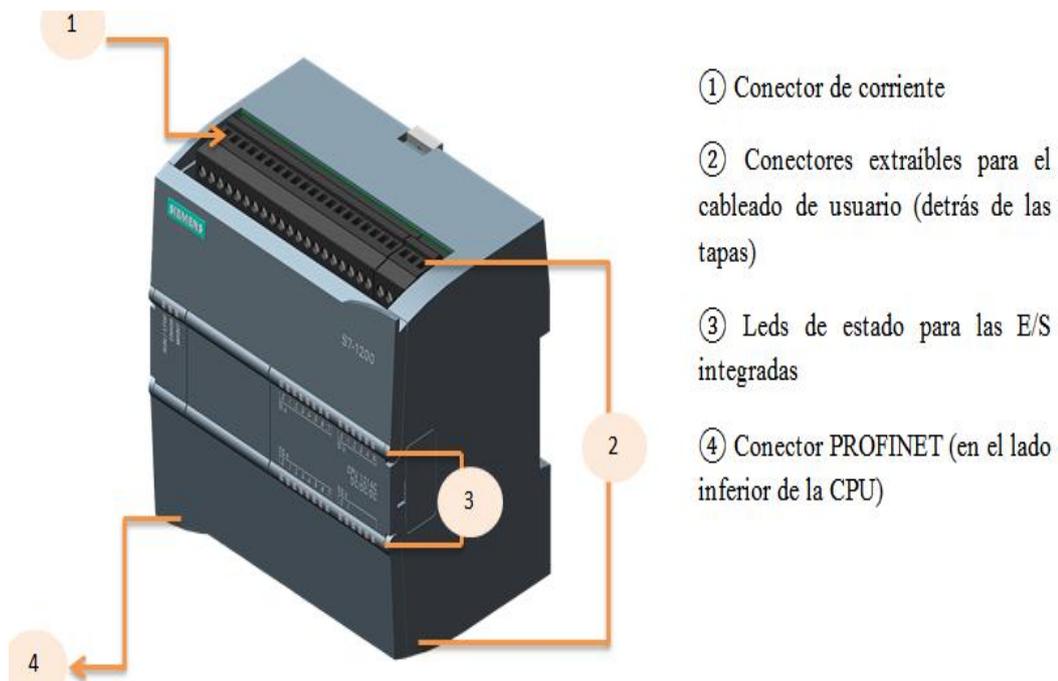


Figura 38. CPU de SIMATIC S7-1200.

Incorpora un puerto PROFINET para comunicaciones con HMI's y con otros PLC's de diferentes redes. Garantiza la seguridad en sus aplicaciones, ya que disponen de comandos de protección por contraseña para configurar el acceso a sus funciones. Ofrece una variedad de módulos de ampliación para comunicación o para entradas y salidas adicionales.

Características del PLC 1214 DC/DC/DC

En la **Tabla 9**, se resaltan las características técnicas del controlador lógico e indica cuántas salidas digitales posee, además cual es la capacidad de memoria para la programación.

Tabla 9. Características CPU 1214 DC/DC/DC.

FUNCIÓN	CPU 1214 DC/DC/DC
Dimensiones físicas [mm].	<i>110 x 100 x 75</i>
Memoria de usuario <ul style="list-style-type: none"> • <i>Memoria de trabajo.</i> • <i>Memoria de carga.</i> • <i>Memoria remanente.</i> 	<p style="text-align: center;"><i>50 KB</i></p> <p style="text-align: center;"><i>2 MB</i></p> <p style="text-align: center;"><i>2 KB</i></p>
Tamaño de la memoria de proceso.	<i>1024 bytes</i>
Ampliación con módulos de señales.	<i>8</i>
Módulos de comunicación.	<i>3</i>
Contadores rápidos. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Fase simple.</i> • <i>Fase en cuadratura.</i> 	<p style="text-align: center;"><i>6</i></p> <p style="text-align: center;"><i>3 a 100 kHz – 3 a 30 kHz</i></p> <p style="text-align: center;"><i>3 a 80 kHz – 3 a 20 kHz</i></p>
Salidas de impulsos.	<i>2</i>
E/S digitales	<i>14 in/10 Out</i>
E/S analógicas integradas.	<i>2 entradas</i>

4.3.4. Software Step 7

TIA Portal es un innovador sistema de ingeniería que permite configurar y programar de forma intuitiva. Gracias a su software estándar que reúne todas las herramientas de automatización dentro de un único entorno de desarrollo. Ya que minimiza las interfaces y logra la máxima fluidez entre todos los niveles, desde el de campo hasta el de gestión de la empresa y se caracteriza por su homogeneidad única en su género.

Características del Step 7

En la **Tabla10**, se muestra algunas características que se debe tener en cuenta antes de la instalación del software; como la versión del Tia Portal, el sistema operativo y el tamaño de memoria de la PC que necesita para su implementación.

Tabla 10. Datos técnicos del TIA Portal.

DATOS TÉCNICOS	
Tipo de licencia	Single license
Clase de software	A
Versión actual	V11.0
Sistema de destino	SIMATIC S7-1200
Sistema operativo	Windows XP professional SP3 (32bits). Windows Vista Ultimate SP1 (32 bits). Windows 8 (64 bits).
Tamaño de memoria PC	1 Gbyte.
Observación	2 Gbyte.

La interfaz de programación es de fácil manejo ya que cuenta con distintos vistas, organizadas según las funciones de las herramientas (vista del portal) y una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto).

El usuario es el que puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto.

La vista del portal simplifica la navegación, lo que facilita incluso a no expertos resolver rápida y dirigidamente cualquier tarea planteada. **Figura 39.**

1. Portales para las diferentes tareas
2. Tareas del portal seleccionado
3. Panel de selección
4. Cambia a la vista del proyecto

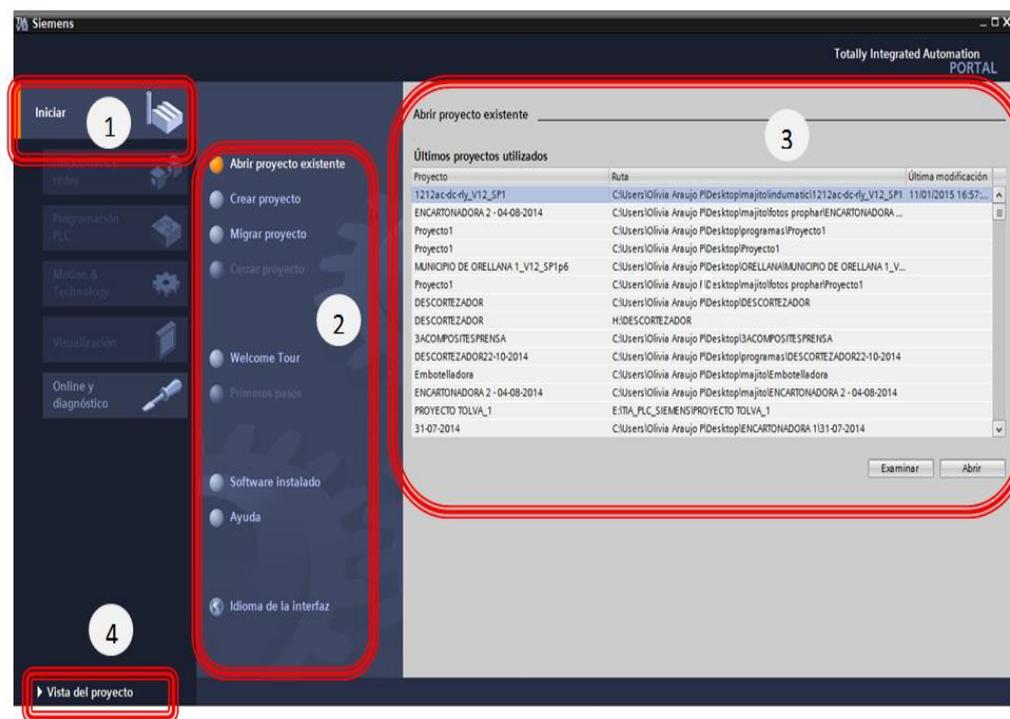


Figura 39. Vista frontal del TIA Portal.

En la **Figura 40**, muestra la vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del programa.

1. Menús y barra de herramientas.
2. Árbol del proyecto.
3. Área de trabajo.
4. Task Cards.
5. Ventana de inspección.
6. Cambia a la vista del portal.
7. Barra del editor.

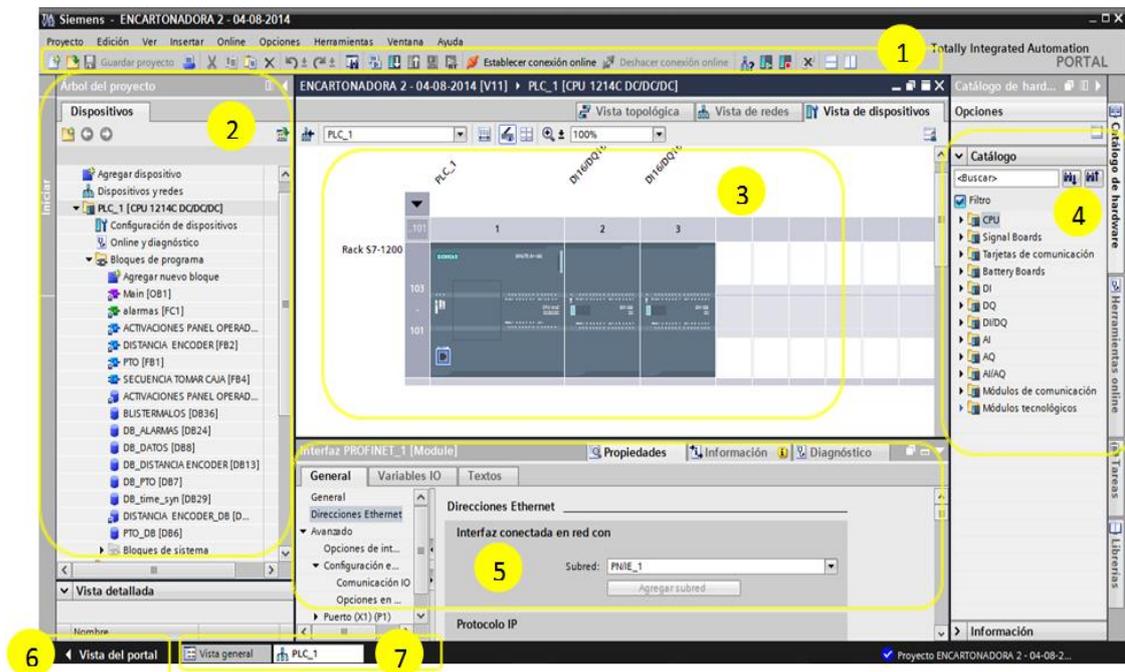


Figura 40. Vista del proyecto del TIA Portal.

4.3.5. Acceso fácil a la ayuda

Para solucionar problemas de forma rápida y eficiente, estando en cualquier parte del programa. Tia Portal proporciona asistencia inteligente solo si se presiona la tecla F1 y se desplegará la ventana de ayuda. En esta pantalla se describe todas las opciones que se han instalado del TIA SIMATIC e indica cómo se tiene que utilizar las variables, que tipo de datos se debe colocar, además muestra una breve explicación del funcionamiento de cada variable, como se indica en la **Figura 41**.

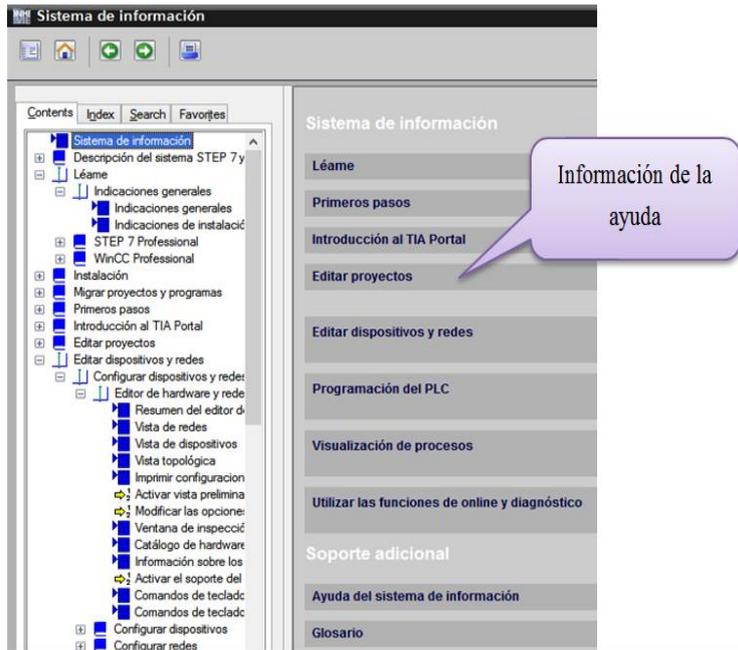


Figura 41. Vista del sistema de información del TIA Portal.

4.3.6. Configuraciones de dispositivos.

El primer paso que se realiza antes de la programación, es la configuración de los dispositivos, en donde se escoge el PLC y los módulos de ampliación según los requerimientos del sistema, en la **Figura 42**, muestra los dispositivos a conectarse.

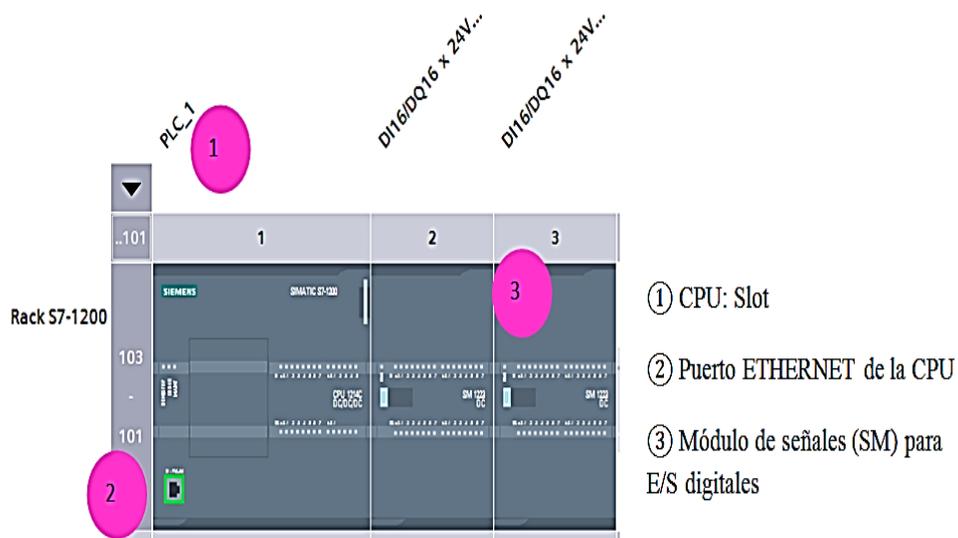


Figura 42. Conexión de los dispositivos en el TIA Portal.

4.3.7. Configuración de la interfaz PROFINET

PROFINET es un estándar de red que se utiliza en sistemas industriales y está basado en Ethernet abierto. Para la configuración de los parámetros de la interfaz Profinet se dio clic en el ícono de la CPU. **Figura 43.**

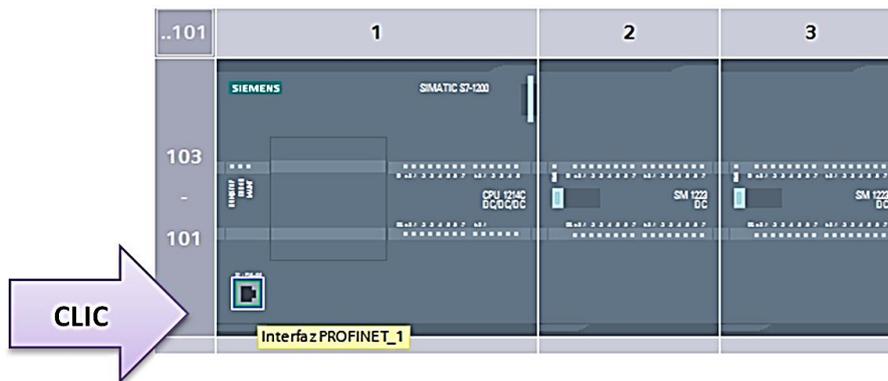


Figura 43. Selección de la interfaz.

El autómatas no dispone de una dirección IP preconfigurada, es necesario asignarla manualmente. Primeramente se escoge del panel de propiedades de la CPU la opción de *direcciones Ethernet* y se selecciona el nombre de la subred, se escribe la dirección IP que va a tener el dispositivo, esta dirección es un número único e irrepetible, permitiendo así que un dispositivo pueda transferir datos a través de la red. **Figura 44.**

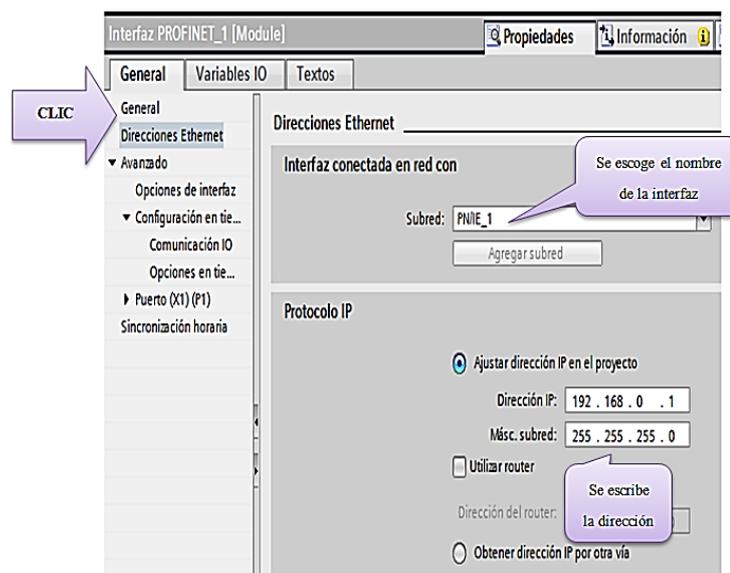


Figura 44. Pantalla de ingreso de la dirección IP del proyecto.

La dirección IP que se ingresa debe estar en formato decimal, es decir en un conjunto de 4 números. La dirección IP 192.168.x.x es una designación estándar como parte de una red privada. Habitualmente se usa la máscara de subred 255.255.255.0 se adecúa para una red pequeña, la misma que es de clase C, lo que significa que los 3 primeros octetos indica la parte de red y el octeto sobrante la parte de host.

4.3.8. Programación del PLC

Con la conexión de los dispositivos y asignada la dirección IP al autómata, se procedió a programar las diferentes etapas de la automatización de la encartonadora. Lo primero que se realizó fue la declaración de las variables que se utilizó en todo el proceso y que van a encender las entradas y las salidas de la CPU. Tras crear las variables, STEP 7 la guarda en una tabla de variables la misma que contiene el nombre, el tipo de dato y la dirección de la variable.

Figura 45.

Tabla de variables estándar						
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...
1	SOBRECARGA PRODUCTO EN EJECUCIÓN	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	SOBRACARGA DE CARTON	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	SOBRECARGA DE MOTOR PRINCIPAL	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Tag_5	DWord	%ID1000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ENDER Z	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	SEL_CON BLISTER_SIN BLISTER	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	SORECARGA CADENA CARTON	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	NO HAY PRESION DE AIRE	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	SELECTO REPETIR FALLAS	Bool	%I1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	PUL_START	Bool	%I2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	SEN_NIVEL SUPERIOR DE BLISTER	Bool	%I2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	FALLA DE FOLLETO	Bool	%I2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	SEN_LIMITA VUELTA MOTOR PASO	Bool	%I2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	SEN_CANTIDAD DE BLISTER OK	Bool	%I3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	SEN_FOLLETO PRESENTE	Bool	%I3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	SEN_CARTON PRESENTE	Bool	%I3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	PUL_STOP MAQUINA	Bool	%I3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	GUARDAS_PARO EMERGENCIA	Bool	%I3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	SEL_CON GUARDAS_SIN GUARDAS	Bool	%I3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	PUL_RESET	Bool	%I3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 45. Tabla de variables del PLC.

4.3.9. Instrucciones básicas para programar

STEP 7 cuenta con instrucciones lógicas y cada bloque puede contener hasta 999 segmentos como máximo. Estos segmentos contienen contactos, bobinas, temporizadores, etc. Y cada uno cumple una función específica dentro del programa. **Figura 46.**

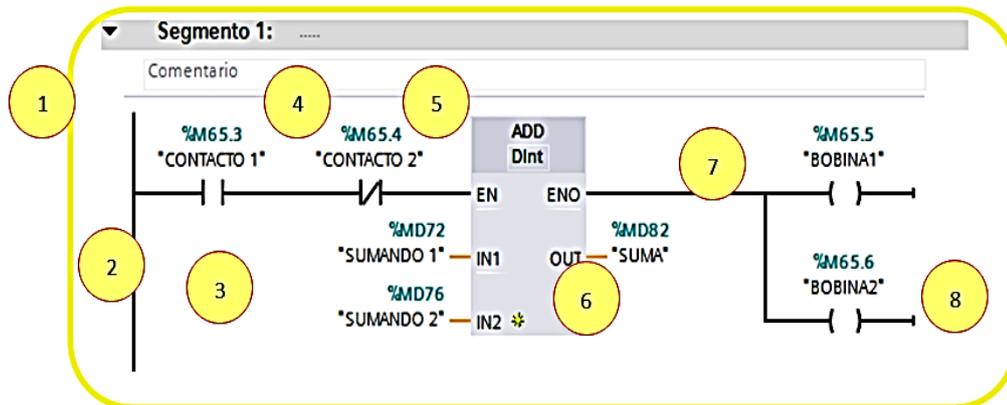


Figura 46. Vista del segmento del programa.

1. **Segmento:** donde se colocan todos los elementos para la programación.
2. **Barra de alimentación:** corriente de habilitación.
3. **Contacto normalmente abierto (NA):** para su activación va a depender del estado de la variable, es decir si su estado lógico es "1" se cierra su contacto y su estado lógico de la entrada se transfiere a su salida.
4. **Comentario:** permite agregar una nota especificando que hace este segmento.
5. **Contacto normalmente cerrado (NC):** es lo inverso del caso del NA, es decir si su estado de operación es "1", se abre el contacto normalmente cerrado y el estado lógico de la salida de la instrucción se pone a "0".
6. **Función lógica:** operaciones que ayudan a sintetizar la programación.
7. **Circuito:** la corriente fluye entre los contactos para habilitar a la bobina.
8. **Bobina:** permite activar el bit de un operando indicado.

4.3.10. Tipos de datos

El tipo de datos se utiliza para determinar el tamaño de un elemento y también es posible introducir un valor de constante para numerosos parámetros de entrada, en la **Tabla 11**, muestra algunos tipos de datos simples soportados, incluyendo ejemplos de entrada de constantes.

Tabla 11. Datos técnicos del tipo de datos. [29]

Tipo de datos	Tamaño (bits)	Rango	Ejemplos de entrada de constantes
Bool	1	0 a 1	TRUE, FALSE, 0, 1
Byte	8	16#00 a 16#FF	16#12, 16#AB
Word	16	16#0000 a 16#FFFF	16#ABCD, 16#0001
DWord	32	16#00000000 a 16#FFFFFFFF	16#02468ACE
Char	8	16#00 a 16#FF	'A', 't', '@'
Sint	8	128 a 127	123, -123
Int	16	32.768 a 32.767	123, -123
Dint	32	-2.147.483.648 a 2.147.483.647	123, -123
USInt	8	0 a 255	123
UInt	16	0 a 65.535	123
UDInt	32	0 a 4.294.967.295	123
Real	32	+/-1,18 x 10 ⁻³⁸ a +/-3,40 x 10 ³⁸	123,456, -3,4, -1,2E+12, 3,4E-3
LReal	64	+/-2,23 x 10 ⁻³⁰⁸ a +/-1,79 x 10 ³⁰⁸	12345.123456789 -1,2E+40
Time	32	T#-24d_20h_31m_23s_648ms a T#24d_20h_31m_23s_647ms Almacenado como: -2,147,483,648 ms a +2,147,483,647 ms	T#5m_30s 5#-2d T#1d_2h_15m_30x_45ms
String	Variable	0 a 254 caracteres en tamaño de byte	'ABC'

4.3.11. PTO (Salida de tren de impulsos)

Se utilizó un motor a pasos que se acciona a través de una correa dentada, permitiendo el movimiento de las arandelas, que según los pulsos enviados al PLC, ayuda a la dosificación de blisters. Para este proceso el controlador SIMATIC S7-1200 cuenta con salidas de alta velocidad, que permitió controlar el desplazamiento del motor. **Figura 47.**

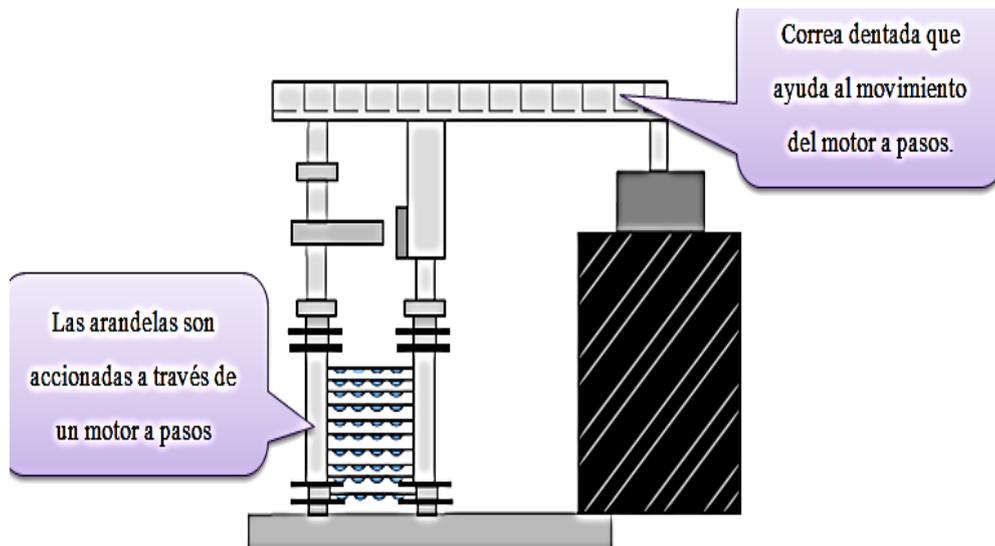


Figura 47. Control del motor a pasos.

La instrucción de salida de tren de pulsos que se utilizó proporciona una serie de pulsos a un dispositivo de salida tal como es el driver y este da una corriente adecuada para que se active el motor a pasos.

En la **Figura 48**, muestra un ejemplo de la salida a tren de pulsos y crea una onda cuadrada de frecuencia variable y contiene:

- Período: es el tiempo en segundos en que se demora el inicio de un pulso con el inicio del siguiente.
- Amplitud: valor pico del pulso.
- Ancho de pulso: duración de un pulso en un determinado tiempo (segundos).
- Ciclo de trabajo: es el número específico de pulsos de onda cuadrada.

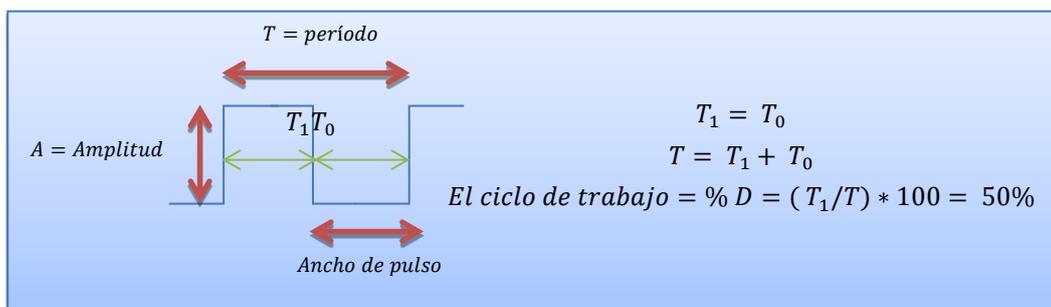


Figura 48. Onda cuadrada.



Tener en cuenta de que no debe exceder la frecuencia de pulsos máxima. Para esta aplicación la frecuencia de impulso máxima es de 100 KHz para las salidas digitales de la CPU.

De las propiedades del programa se seleccionó la opción de generación de impulsos, aquí automáticamente se parametriza los datos para la salida a tren de pulsos. El programa automáticamente le asigna salidas digitales para la activación, en este caso se utilizó la Q0.0 y la Q0.1 para generar el impulso y sentido del eje. **Figura 49.**

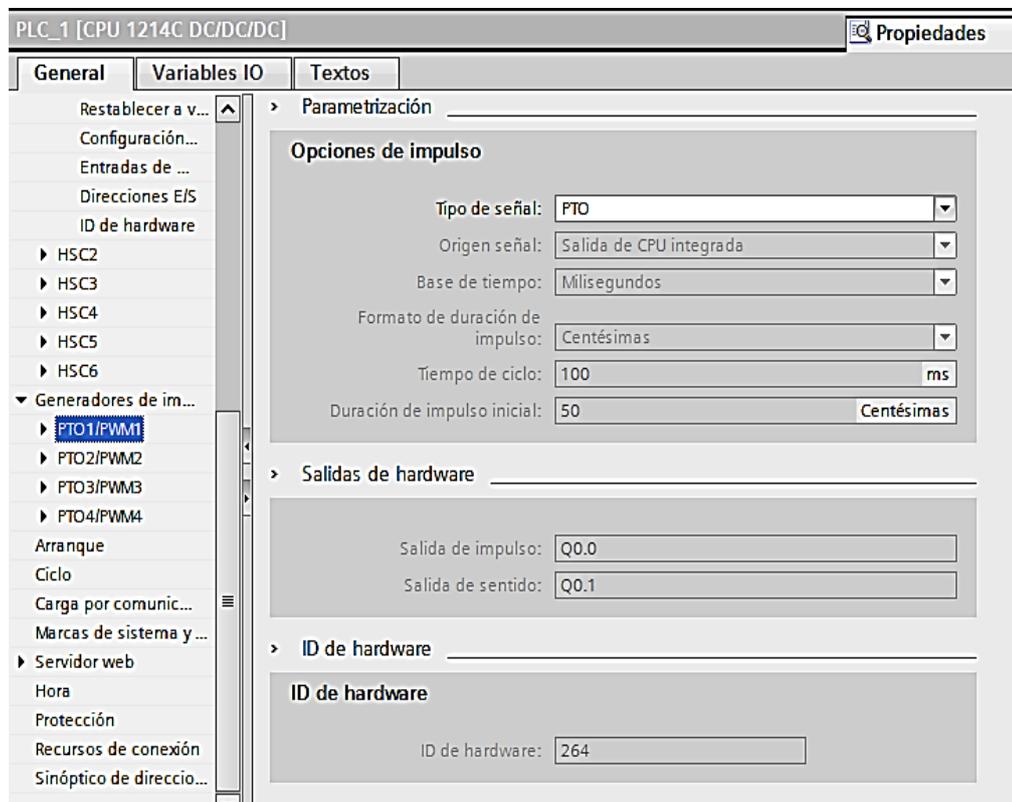


Figura 49. Ventana de configuración de la generación de impulsos en el PLC.

De los objetos tecnológicos del árbol del proyecto se agregó uno nuevo, aquí se escribe el nombre del eje y se seleccionó la opción de Motion Control, el cual contiene la función TO_Axis_PTO, el mismo que representa un accionamiento físico en el controlador. **Figura 50.**

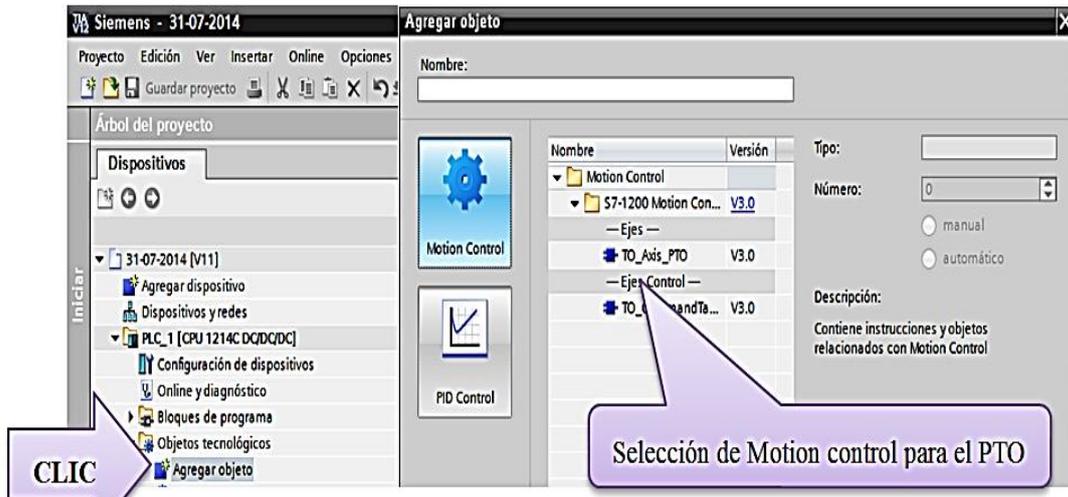


Figura 50. Ventana de selección del Motion Control para el PTO.

Con la configuración anterior del objeto tecnológico, se programó parámetros básicos del eje. Se escribió las salidas para el impulso y sentido del eje, estas salidas que se reflejan en el autómata son la Q0.0 y Q0.1 respectivamente.

Para conocer si todos los datos ingresados se encuentren bien, en la parte izquierda de la ventana del objeto tecnológico aparecen unos vistos en color verde y azul indicando que la configuración esta OK. **Figura 51.**

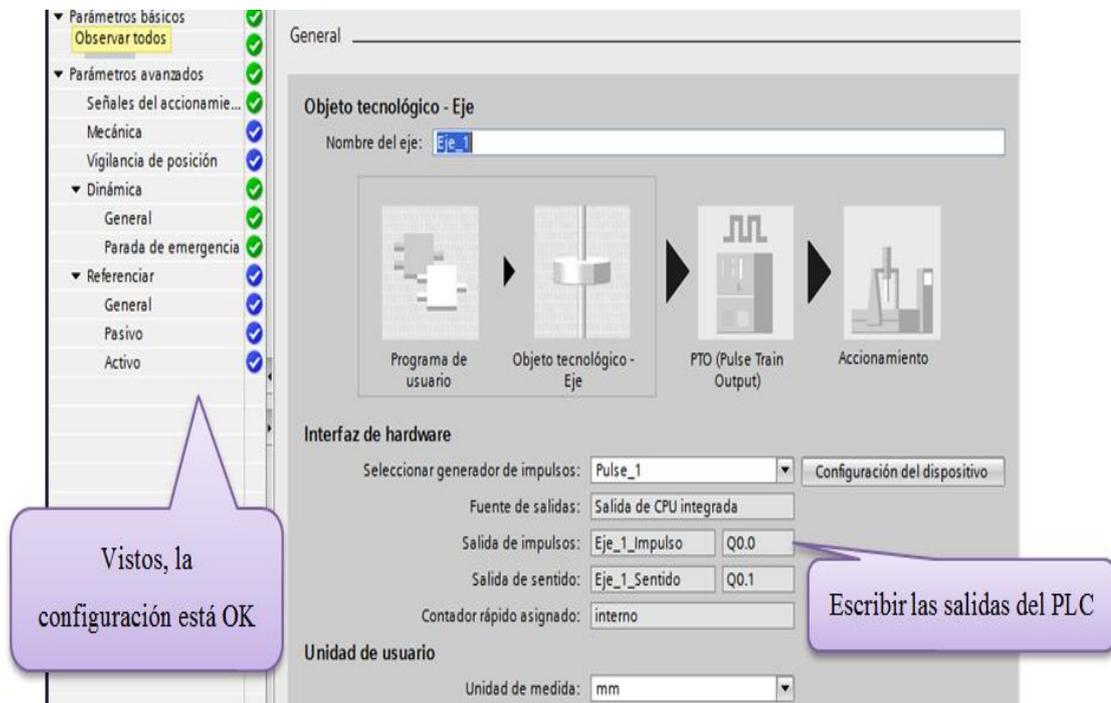


Figura 51. Ventana de ingreso de las salidas del PTO.



Recordar que si se modifica estas unidades después estos valores existirán cambios en las ventanas de configuración.

Para controlar el desplazamiento y velocidad del motor a pasos, se envían pulsos a un driver. Los pulsos se exportan mediante la configuración del PTO con un ciclo de trabajo del 50%. Para determinar cuántos pulsos necesita para dar una vuelta el motor, se realiza la siguiente operación:

$$Frec. motor = Velocidad angular * pasos por revolución$$

Los pasos por revolución se determinan mediante la resolución del motor, para esta automatización se utilizó el motor A63KG5913 de AUTONICS, que tiene una resolución de 0.72 grados.

$$pasos por revolución = \frac{360^\circ}{0.72^\circ} = 500 Pulsos$$

Entonces el motor opera a 500 pulsos a paso completo. Con este resultado, se especificó el número de pulsos que necesita el motor por cada vuelta y la distancia en milímetros que va a recorrer. **Figura 52.**

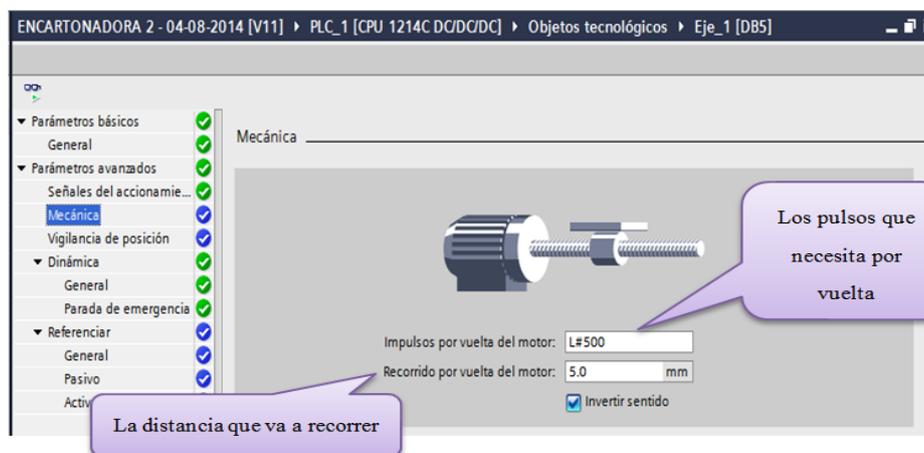


Figura 52. # De pulsos y distancia a recorrer por el motor a pasos.

Accionamiento del eje del motor a pasos.

Ya finalizada la configuración y creación del bloque tecnológico, se procedió a realizar la programación del control del motor a pasos para la dosificación de blísters. Del panel de operador puesto en marcha y habilitado los botones de arranque de la máquina, en el programa se cierran sus contactos respectivamente activando la bobina “*habilitar con retardo*”, una vez activada se enciende un temporizador que retarda la activación de la salida por 1 [ms], después de transcurrido el tiempo se activan las salidas “*z_activa* y *z_activa_mov*”. **Figura 53.**

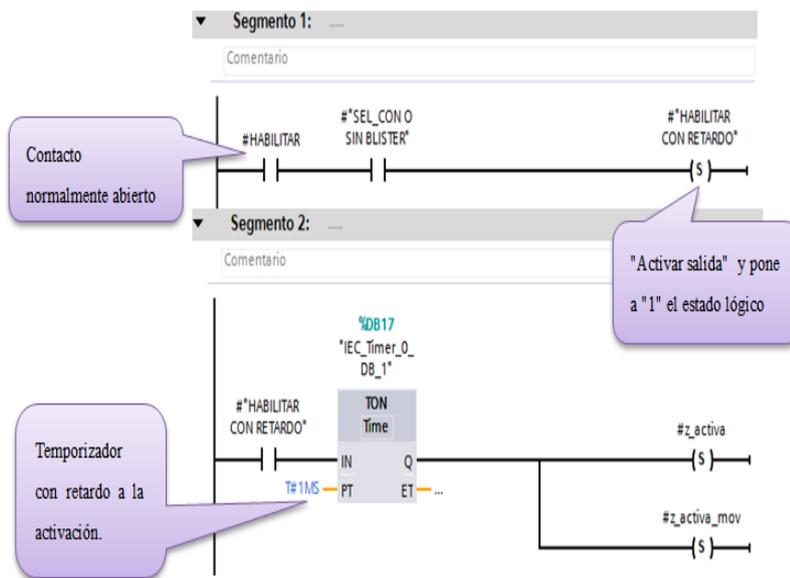


Figura 53. Programación de las activaciones de la máquina.

Cuando se enciende “*z_activa*” activa el bloque “MC_Power”, esta instrucción habilita o deshabilita el movimiento del eje, existen algunos parámetros que se debe programar para el funcionamiento de este bloque como:

- **Axis:** aquí se declara el objeto tecnológico del eje creado para el PTO.
- **Enable:** variable que va a activar el bloque (*z_activa*), si su estado es TRUE Motion control intenta habilitar el eje y si es FALSE todas las peticiones se cancelan.
- **Status:** indica el estado de habilitación del eje. **Figura 54.**

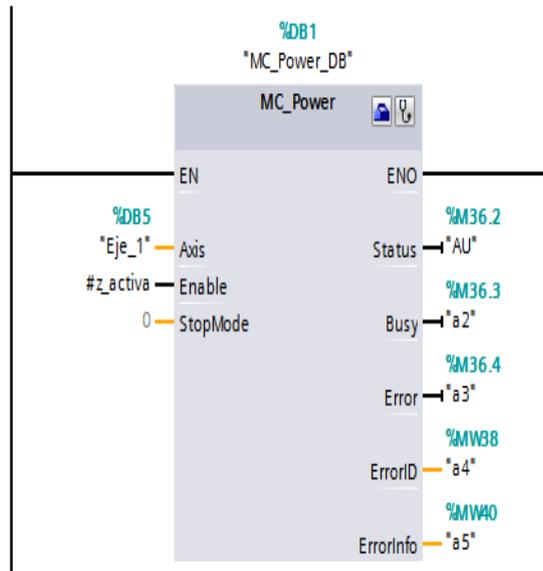


Figura 54. Bloque MC_Power.

Para acuse de errores de funcionamiento y de configuración se activó la instrucción de Motion Control "MC_Reset". Existen algunos parámetros que se debe programar para el funcionamiento de este bloque como son:

- **Axis:** aquí se declara el objeto tecnológico del eje creado para el PTO.
- **Execute:** inicio de petición con flanco ascendente.
- **Done:** el error se ha acusado. **Figura 55.**

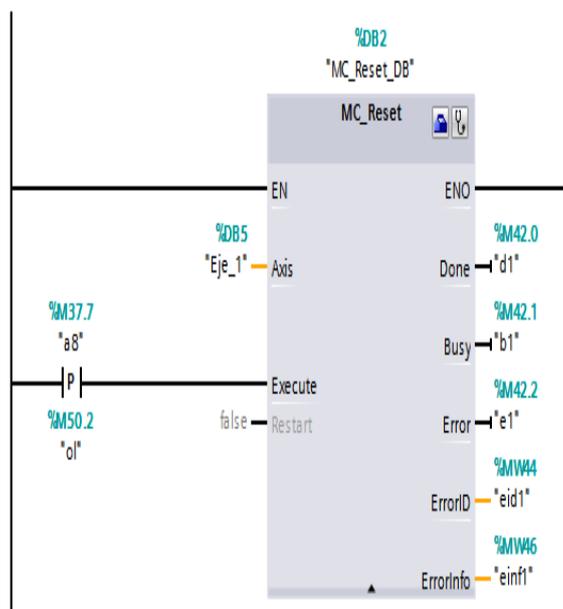


Figura 55. Bloque MC_Reset.

La instrucción “MC_Home”, referencia el eje, y se creó en el programa para cuadrar las coordenadas del eje con la posición física real del accionamiento. Se escogió la referenciación pasiva (*Mode* = 2), porque aplica al valor del parámetro "Position" como nueva posición del eje. **Figura 56.**

Existen algunos parámetros que se debe programar para el funcionamiento de este bloque como son:

- **Axis:** aquí se declara el objeto tecnológico del eje creado para el PTO.
- **Execute:** inicio de petición con flanco ascendente.
- **Position:** limite.
- **Done:** la petición ha finalizado.
- **Busy:** petición en proceso.
- **Error:** aparece cuando ha ocurrido un error al ejecutarse la petición MC_Home.

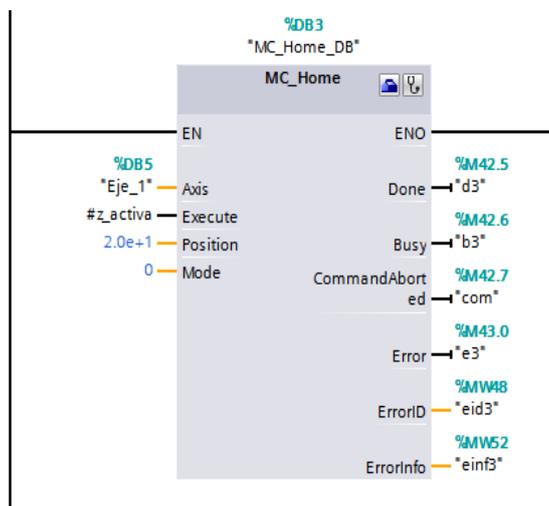


Figura 56. Bloque MC_Home.

La última configuración que se realizó para el control del motor a pasos fue “MC_MoveAbsolute”, que ayudó a posicionar los ejes en forma absoluta. Este inicia un movimiento de posicionamiento del eje respecto a una posición absoluta, para el funcionamiento de esta instrucción debe estar activada la variable *z_activa_mov*.

Existen algunos parámetros que se debe programar para el funcionamiento de este bloque como son: **Figura 57.**

- **Axis:** aquí se declara el objeto tecnológico del eje creado para el PTO.
- **Execute:** inicio de petición con flanco ascendente.
- **Position:** posición absoluta de destino.
- **Velocity:** velocidad del eje
- **Done:** posición absoluta alcanzada.
- **Busy:** petición en proceso.
- **Error:** aparece cuando ha ocurrido un error al ejecutarse la petición MC_Home.

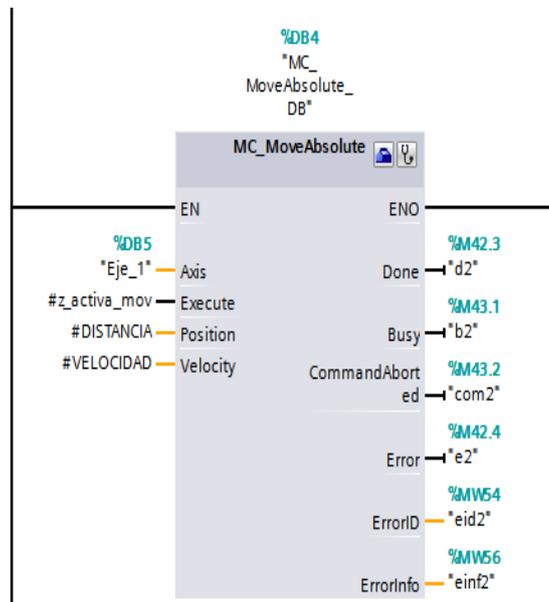


Figura 57. Bloque MC_MoveAbsolute.

Para que el bloque del PTO funcione, se necesita como datos: el número de blíster para cada caja, además del panel de operador con el “*selector con o sin blíster*” puesto en marcha, y cada vez que las ranuras pase por el sensor Z activa la entrada I 5.6, enviando una señal de confirmación al PLC para que active el motor a pasos, este se mueve y activa la entrada I 2.6, que es un sensor que va a limitar la vuelta al motor, este proceso permitirá que dosifique los blísters que se requiere en cada caja. **Figura 58.**

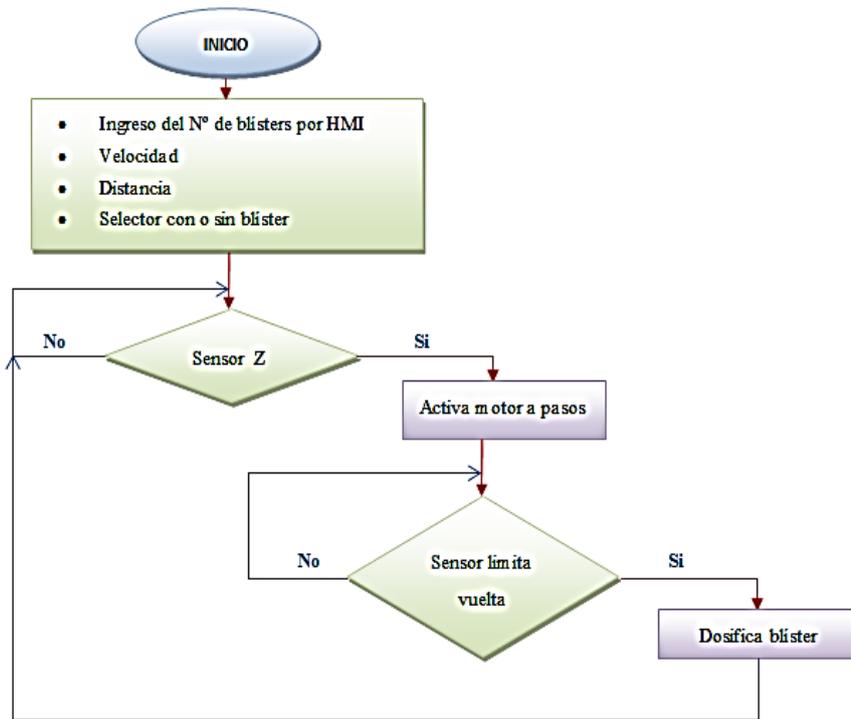


Figura 58. Diagrama de flujo del bloque PTO.

Del panel de operador con el selector (*con blíster o sin blíster*) en posición, activa la entrada *I1.5* e indica que se va a mandar blísters para el proceso. Además se configuró para que se ingrese la velocidad y la distancia que va a recorrer el motor. **Figura 59.**

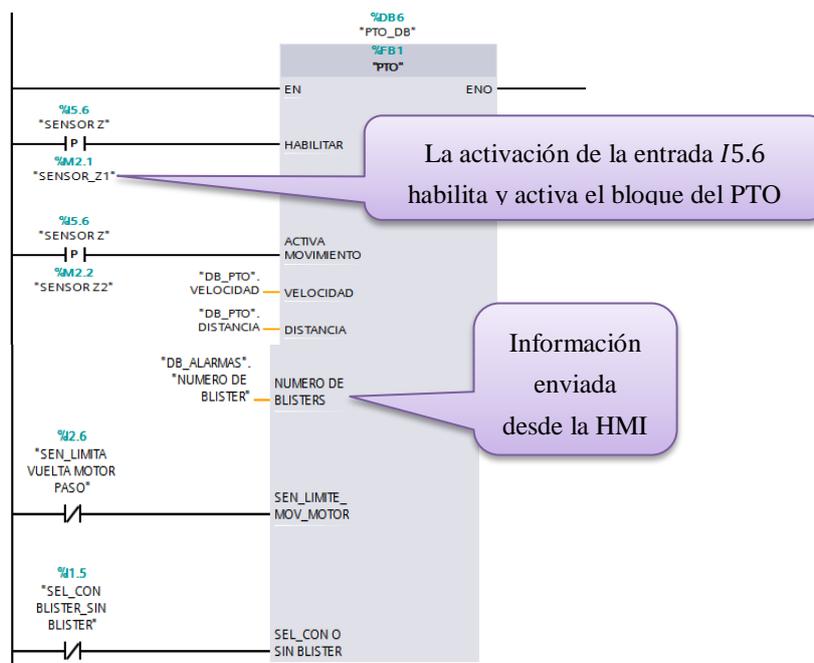


Figura 59. Configuración de las entradas del bloque PTO.

4.3.12. Distancia encoder.

La máquina encartonadora posee un encoder incremental que conectado a un eje, consta de: disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí, del sistema de iluminación y de un elemento fotorreceptor. El eje cuya posición se quiere medir va acoplado al disco, a medida que el eje gira se van generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese las marcas, llevando una cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje. [16]

En la **Figura 60**, muestra la representación del encoder incremental, este proporciona dos formas de ondas cuadradas A y B y están desfasadas entre sí 90° eléctricos, además está disponible otra señal del “Canal Z”, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder. [30]

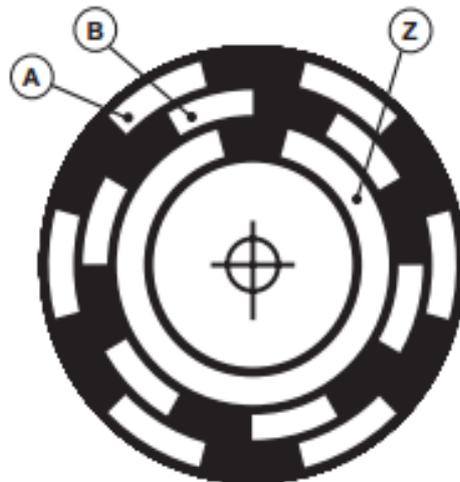


Figura 60. Representación de las señales A, B y Z en disco óptico. [30]

El encoder incremental está conectado al eje de la máquina, y se puede obtener la posición angular, mediante pulsos de onda cuadrada A y B, que indican la posición (*cantidad de pulsos*) y dirección. Según el pulso A adelanta o retrasa al pulso B y el pulso Z que indica el origen, es decir en qué posición se encuentra el encoder. **Figura 61.**

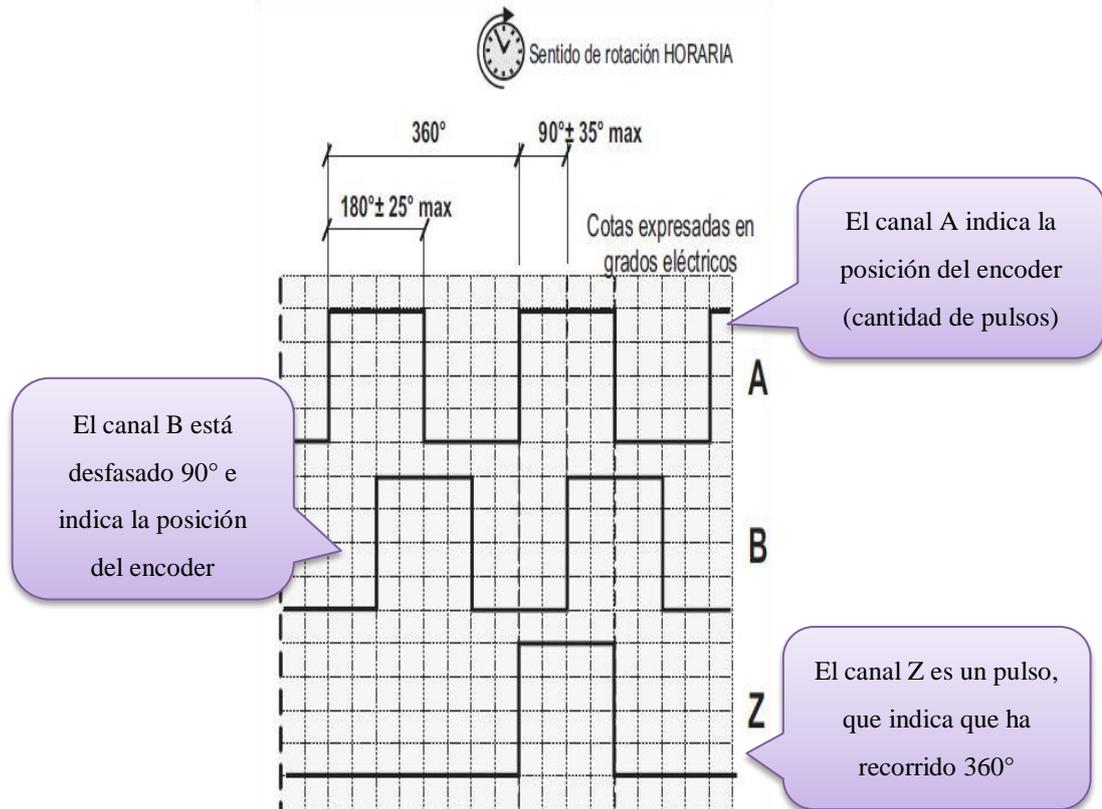


Figura 61. Representación gráfica de las señales A, B y Z del encoder. [30]

Para conocer cuál es la posición exacta de la máquina, se configuró cada vez que encuentre la Z del encoder, active un sensor que cruza por cero indicando que cumplió la vuelta. Con la ayuda de la lectura de entradas rápidas del encoder que posee el S7-1200, va a contar el número de impulsos que se generan cuando un rayo de luz es atravesado por marcas opacas en la superficie de un disco unido al eje. **Figura 62.**

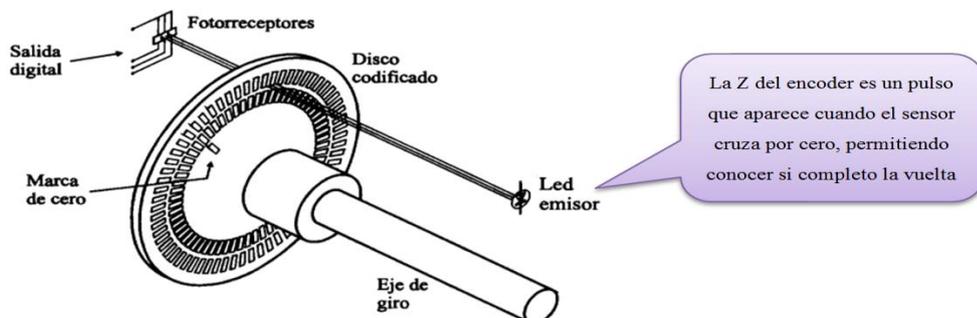


Figura 62. Representación gráfica de las señales incrementales. [16]

HSC (contador rápido) esta función se lo utilizó para controlar la entrada de un encoder. Porque realiza un conteo con mayor rapidez de eventos que se producen. De las propiedades del autómata se editó para configurar los parámetros de la HSC y se activó el contador rápido como se indica en la **Figura 63**.

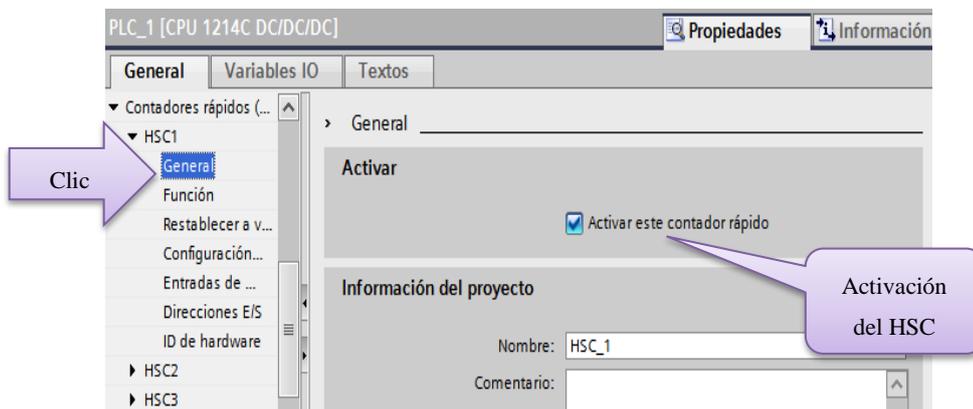


Figura 63. Activación del contador rápido.

Automáticamente se asignan las entradas que se necesitan para la programación como:

- I0.0 es una entrada del generador de impulsos de reloj A.
- I0.1 es una entrada del generador de impulsos de reloj B.
- I0.3 es una entrada de reset. **Figura 64.**

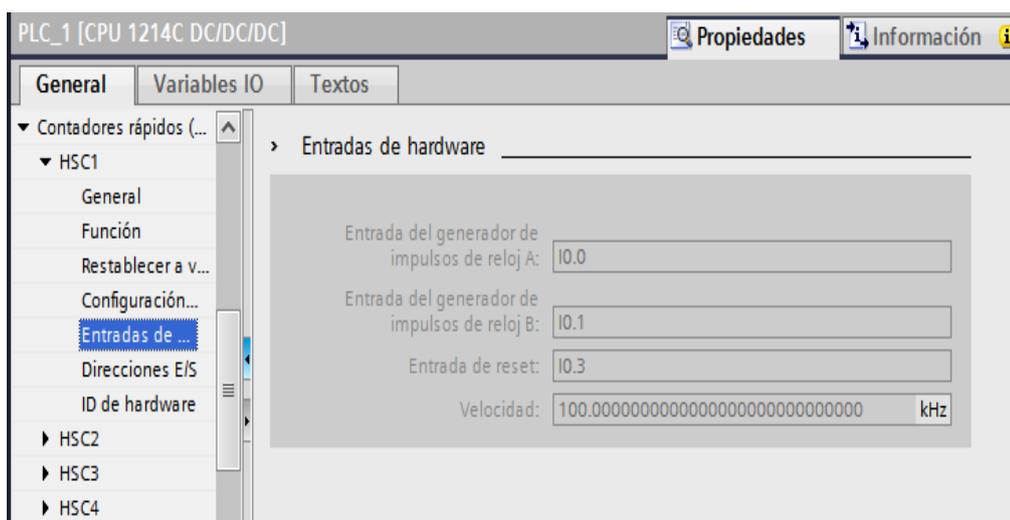


Figura 64. Configuración de las entradas del HSC en la CPU.

Las direcciones de entradas y salidas que se asignan en la configuración van de la 1000 hasta la 1003, para este HSC se escogió la dirección 1000. **Figura 65.**

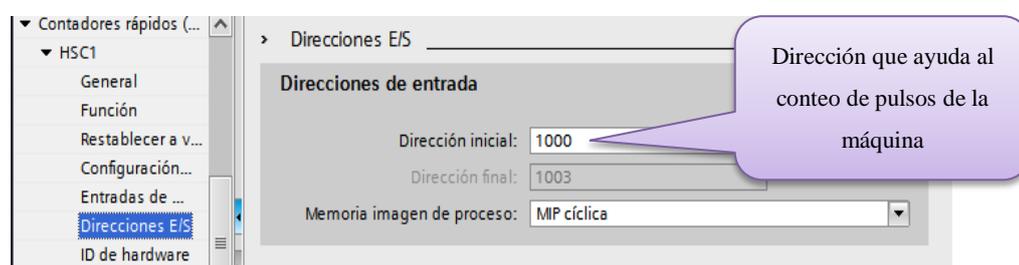


Figura 65. Ingreso de las direcciones de entradas y salidas del HSC.

Para terminar la configuración del HSC automáticamente el programa estableció el ID de hardware que en este caso es de 258, el cual es el identificador del contador rápido. **Figura 66.**

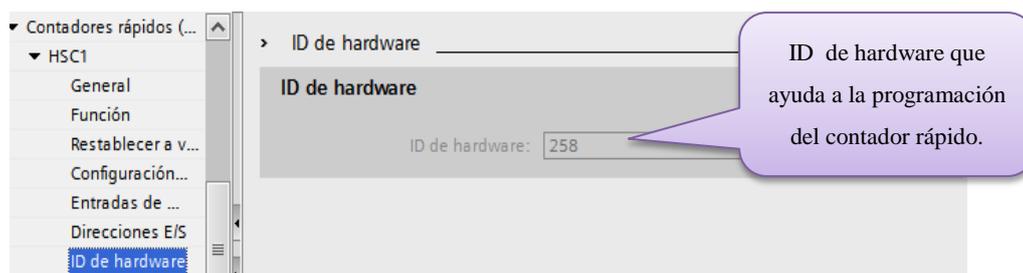


Figura 66. Configuración del Id de hardware del HSC.

La **Tabla 12** muestra los datos que se debe tener en cuenta para la programación del contador rápido.

Tabla 12. Datos técnicos del contador rápido.

PARÁMETRO	DATOS	DESCRIPCIÓN
EN	BOOL	Entrada en habilitación.
ENO	BOOL	Salida de habilitación.
HSC	HW_HSC	Identificador de hardware (ID HWD).
DR	BOOL	Nuevo sentido de contaje (NEW_DIR).
CV	BOOL	Nuevo valor de contaje (NEW_CEV).
RV	BOOL	Habilitación del nuevo (NEW_RV).
NEW_CV	DINT	Valor del contador que se carga si <i>CV = TRUE</i>
NEW_RV	DINT	Valor del contador que se carga si <i>RV = TRUE</i>
BUSY	BOOL	Estado de ejecución.
STATUS	WORD	Estado de operación.

Se creó un contador rápido. Como identificador de hardware se configuró el 258. Cuando se acciona el contacto de la variable “activa la máquina principal” va habilitar el nuevo valor del contador. En NEW_CV se guarda los datos de la variable pulsos remanentes. **Figura 67.**

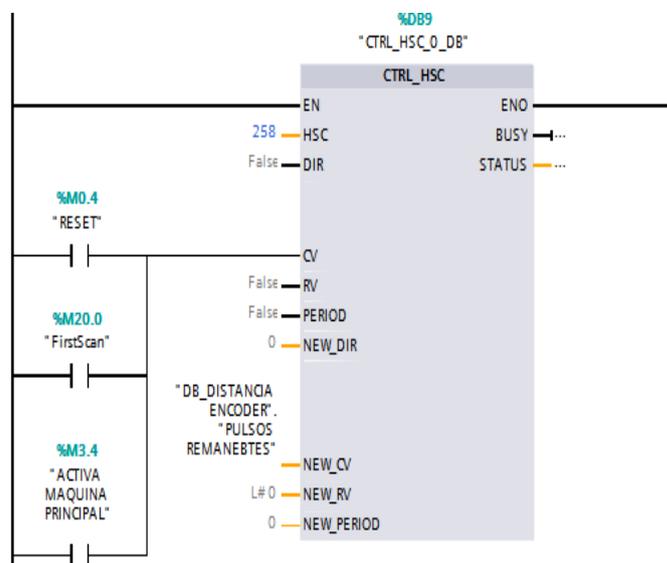


Figura 67. Configuración del contador rápido.

En la parametrización del HSC se configuró la entrada rápida **% ID 1000**, ésta ayudó a saber cuántos pulsos se tiene en una vuelta. Con la función MOVE se copió los datos de ID 1000 a la variable “NÚMERO DE PULSOS”. **Figura 68.**

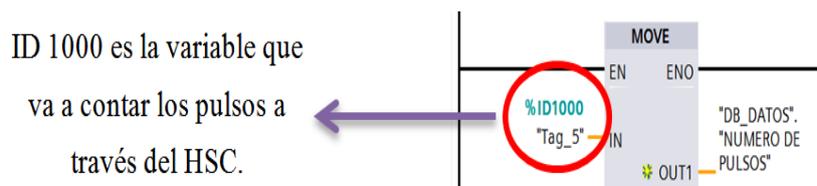


Figura 68. Copiar los datos de la ID1000 a la variable “número de pulsos”.

Variables remanentes

Para guardar el dato del contador al apagar la máquina, se creó variables remanentes, éstas mantiene su valor todo el tiempo de ejecución, y el dato no se pierde tras una desconexión-conexión, éste continúa trabajando con sus valores memorizados.

En cada caso se emplea un intervalo de memoria propio para la administración.

Figura 69.

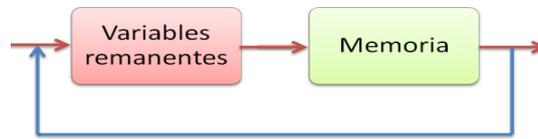


Figura 69.Proceso de variables remanentes.

El dato remanente se copia a la salida CV del contador. **Figura 70.**

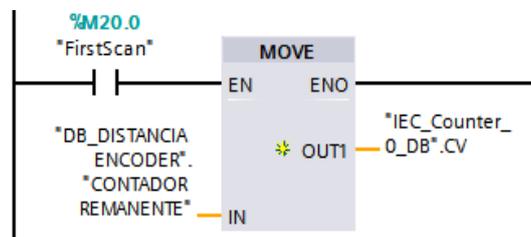


Figura 70. Copiar los datos de contador remanente a la salida del contador.

Para guardar el dato de los pulsos cuando se apaga la máquina, se configuró este bloque y los datos de “ID 1000” y “MD4”, se trasladan a las variables remanentes creadas. Para reiniciar estos datos, se pulsa el botón de reseteo y se copia el valor de cero a la variable remanente. **Figura 71.**

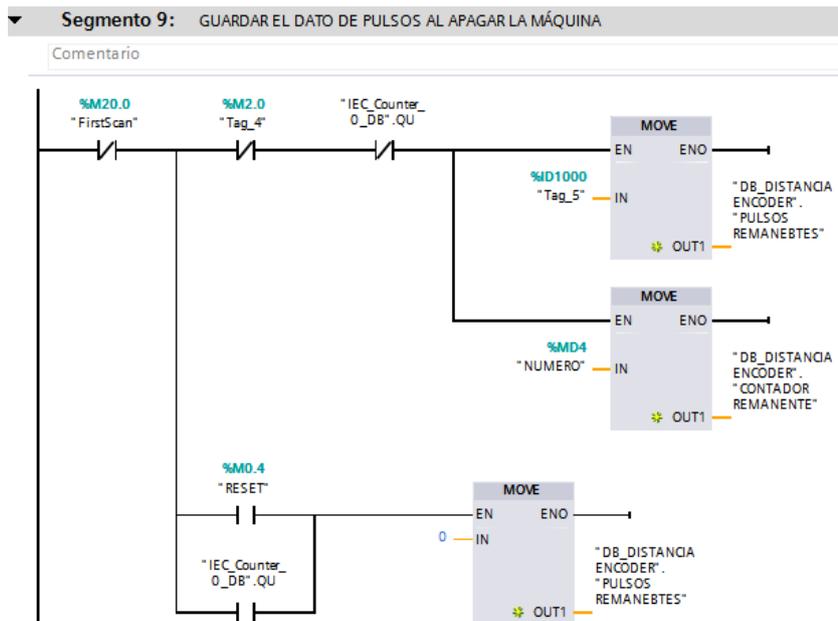


Figura 71. Proceso para guardar el dato de los pulsos al apagar la máquina.

Cada vez que detecta la Z del encoder de la máquina, habilita la entrada *I0.3* del PLC y activa la salida *M 12.7*, cerrando el contacto de la variable “enderz”. Luego acciona un temporizador con retardo al encendido de 2[ms] y el contador se resetea cuando haya detectado 20 pulsos. **Figura 72.**

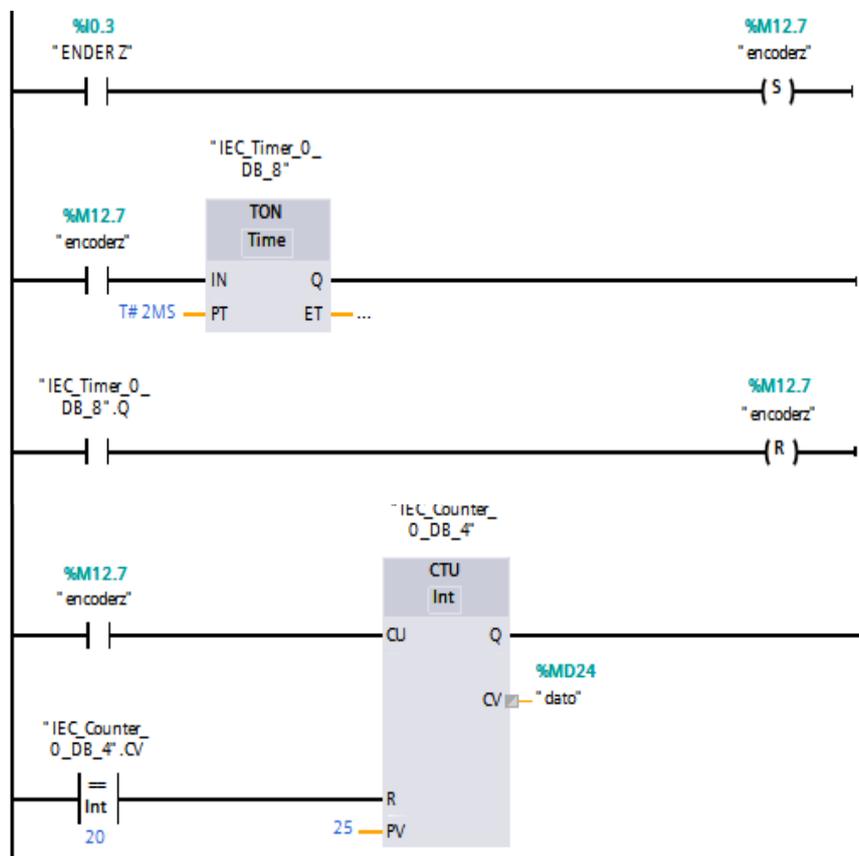


Figura 72. Proceso contador de pulsos.

Se configuró el bloque *CONVER* que convierte el valor de la variable *ID1000* que es de tipo doble entero a datos tipo real y éste resultado lo va a guardar en la variable “pulsos crudos”. **Figura 73.**

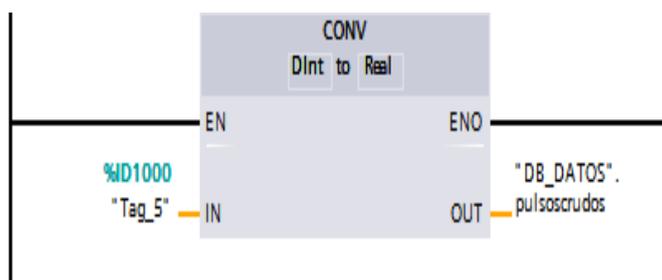
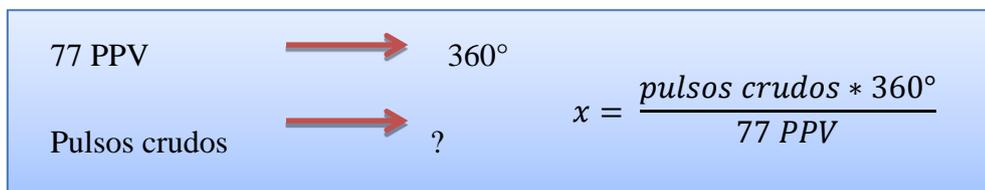


Figura 73. Conversión de doble entero a real.

Se mide los pulsos que recorre el encoder en una vuelta y se obtiene 77ppv. Para determinar el ángulo en grados de la posición de la z del encoder, se realiza la siguiente operación:



Para que el ángulo del encoder se visualice en la pantalla, se realiza una multiplicación de la variable *pulsos crudos* por una constante que es 360, este resultado es dividido para 77 y el residuo son los grados en la que se encuentra la z del encoder de la máquina. **Figura 74.**

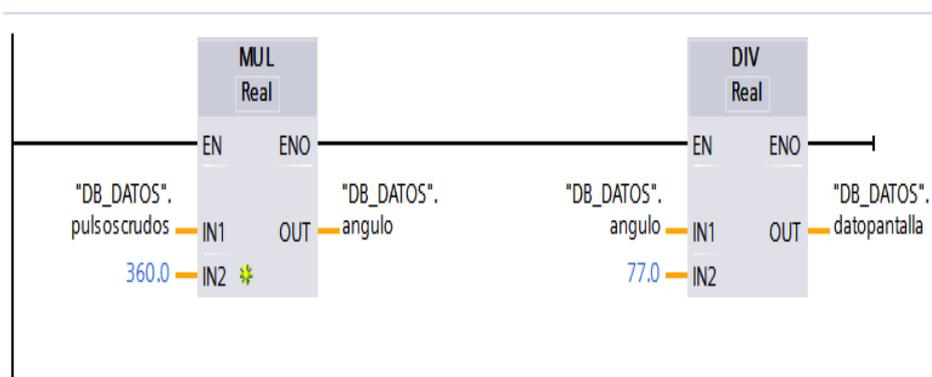


Figura 74. Transformación de pulsos a grados.

Con la finalización del control del encoder de la máquina, se le llama al programa principal. **Figura 75.**

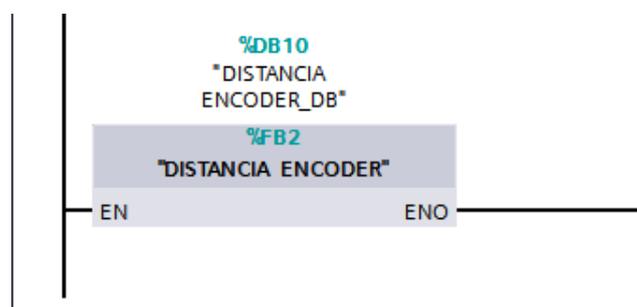


Figura 75. Configuración del bloque distancia encoder.

4.3.13. Activaciones Operador

En este bloque se configuró el control para las activaciones del panel de operador. Se realizó el control para el accionamiento de la máquina y si se accionan las siguientes variables:

- Pulsador de inicio *I2.3*.
- Selector con guardas / sin guardas *I3.5*.
- Sobrecarga *M21.3*.
- Pulsador parada de la máquina *Q3.3*.
- Emergencias *21.4*.
- Emergencias *M21.6*.
- Sobrecarga *M21.7*.

Una vez activadas se acciona la salida *Q3.7*, permitiendo el arranque de la máquina. **Figura 76.**

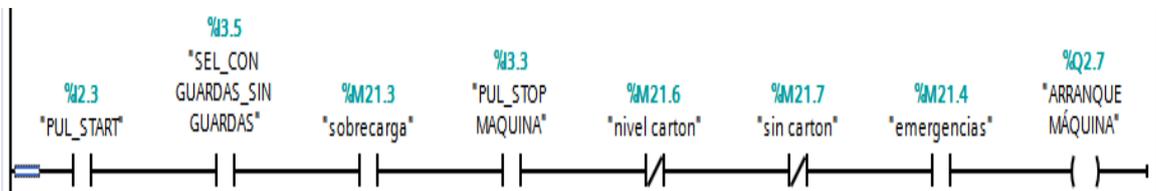


Figura 76. Control para la activación de la máquina.

Se creó un control de sobrecarga de la máquina, cada vez que se accionen las siguientes variables:

- Sobrecarga producto en ejecución *I0.4*.
- Sobrecarga cadena cartón *I0.5*.
- Sobrecarga de cartón *M21.3*.
- No existe presión de aire *Q3.3*.

Activan la salida *M21.3*, indicando que existe un error en la máquina y manda a que se apague, para solucionar el inconveniente. **Figura 77.**

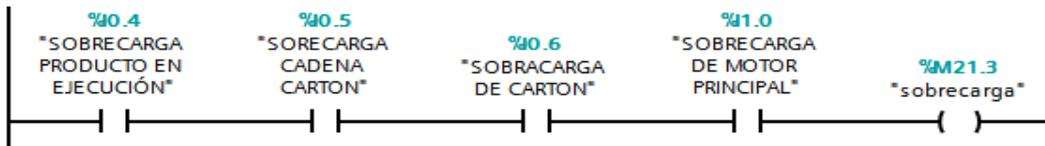


Figura 77. Programación de sobrecargas.

Se programó las activaciones de parada de emergencia I5.7, no hay presión de aire I0.7 y el selector de guardas I 3.4, una vez habilitadas se activa la salida M21.4 y esta manda a apagar la máquina. **Figura 78.**

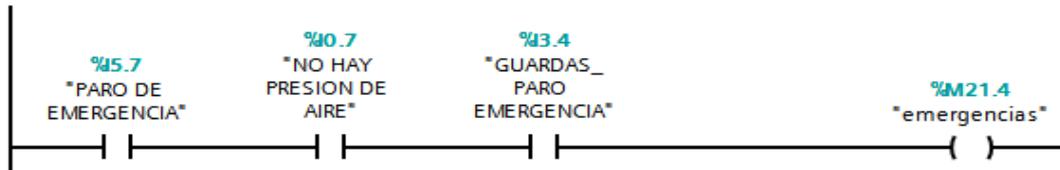


Figura 78. Activaciones de paro de emergencia, presión de aire y guardas.

Pruebas Manuales.

Para realizar este tipo de pruebas, el selector del panel de operador debe estar en producción manual y se pulsa el botón para el Inching, este manda una señal de confirmación al PLC indicando que se habilitó la entrada I5.3, una vez cerrado estos contactos se activa la salida de la variable M12.6 y permite el arranque de la máquina. **Figura 79.**

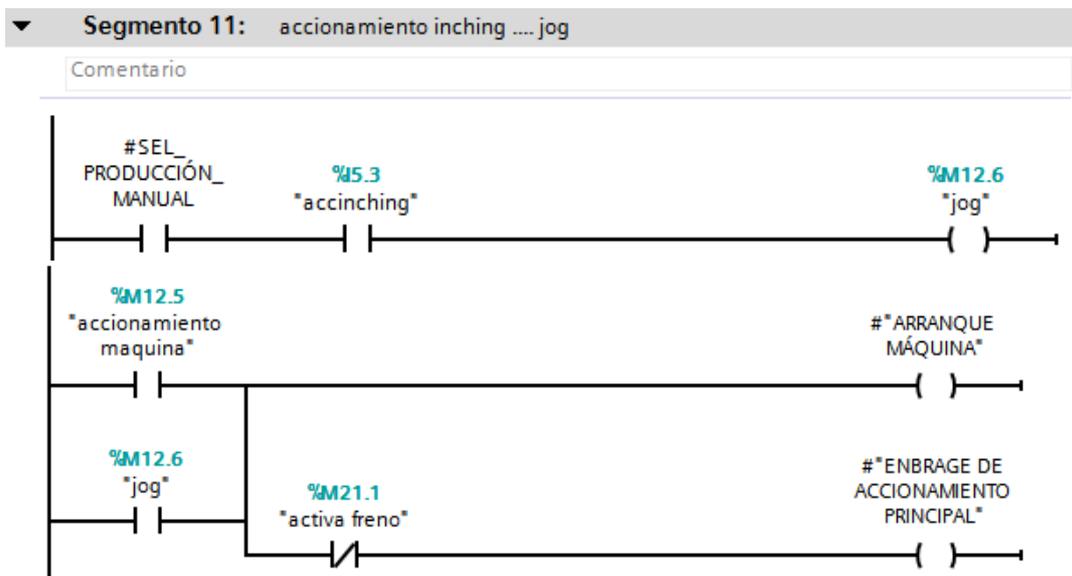


Figura 79. Accionamiento manual por medio del Inching.

Sobrecargas.

Cuando existen sobrecargas en la cadena de producto, de cartón, en el motor principal y en la cadena de producción. Se activan las salidas Q3.0, Q3.2, Q3.7 y Q3.1 respectivamente y se cierran sus contactos, mandando una señal de habilitación para que se activen las luces del panel de operador. **Figura 80.**

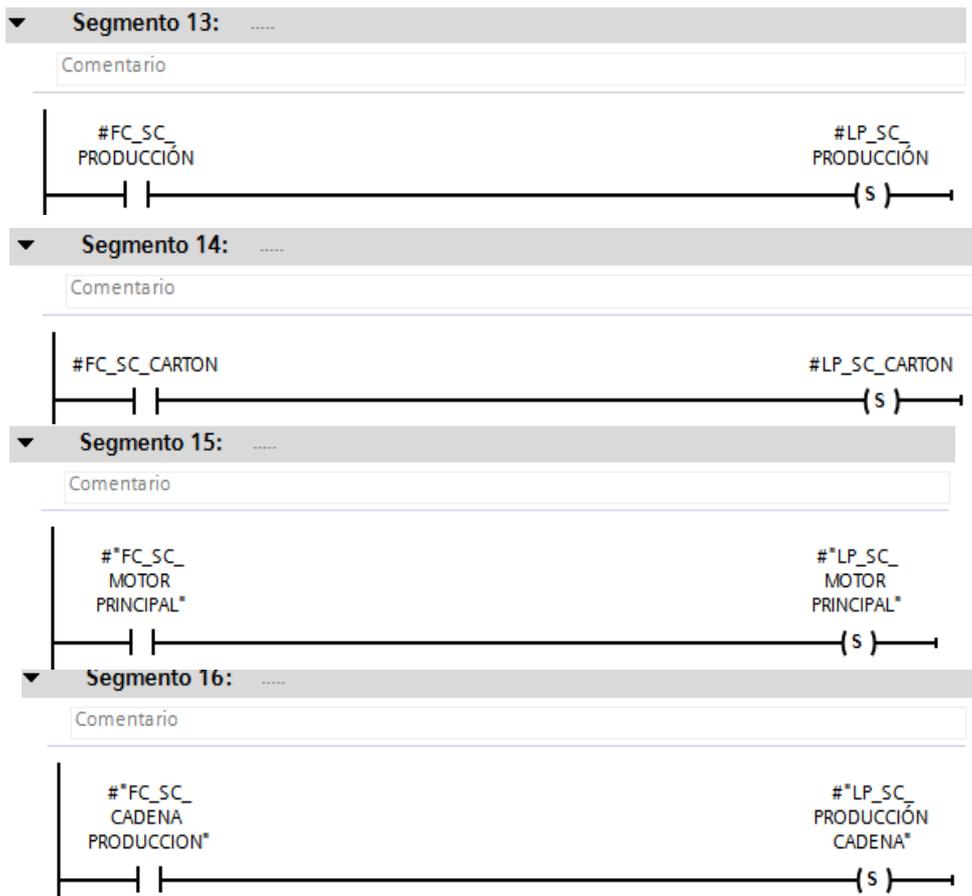


Figura 80. Activaciones de luces de sobrecarga.

Abastecimiento de almacenes.

Cuando el abastecimiento de los almacenes de cartón y de blísters se vacía, existen dos sensores que detectan este proceso. **Figura 81.**

- 1) Sensor nivel cartón
- 2) Sensor nivel superior de blíster

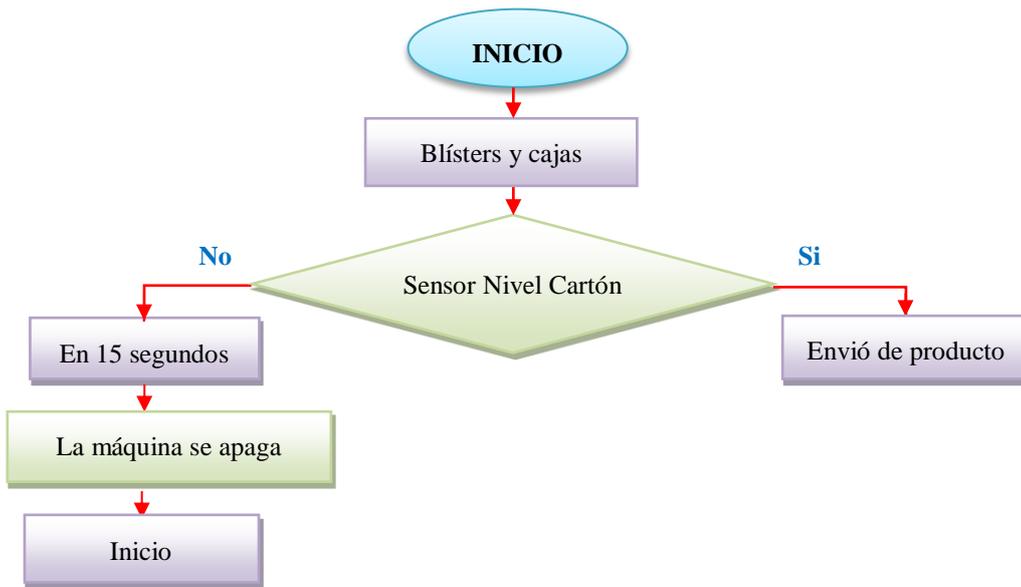


Figura 81. Diagrama de flujo del abastecimiento de los almacenes.

- El primero es un sensor inductivo PNP que está accionado. Cuando deja de detectar se cierra y activa un temporizador con retardo al encendido que transcurridos 15 segundos y si el operador no abastece al almacén de cajas, se habilita la variable *M21.4* y manda a que se apague la máquina.
- El segundo es un sensor fotoeléctrico que está desactivado. Que cuando el emisor genera un haz de luz hacia el receptor detecta la ausencia del blíster en el almacén. Éste activa un temporizador con retardo al encendido, que después de transcurridos 15 segundos y si el operador no abastece de blísters al proceso. Se habilita la variable *M21.4* y esta manda a que se apague la máquina. **Figura 82.**

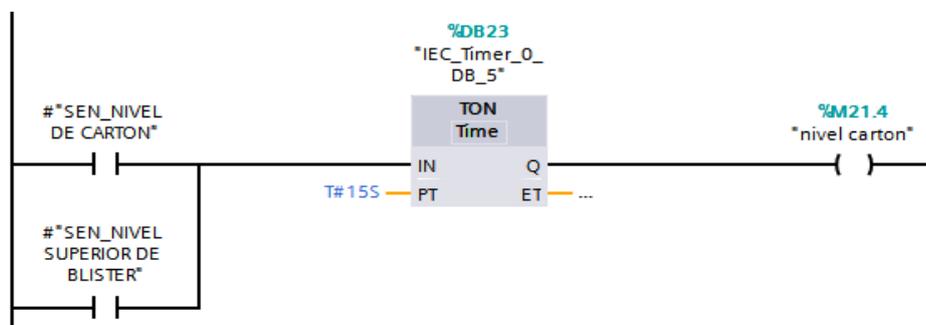


Figura 82. Control de abastecimiento de blísters y cartón en los almacenes.

Freno de Accionamiento.

Se programó el control del freno del accionamiento de la máquina y se acciona cuando se activan las siguientes variables respectivamente. **Figura 83.**

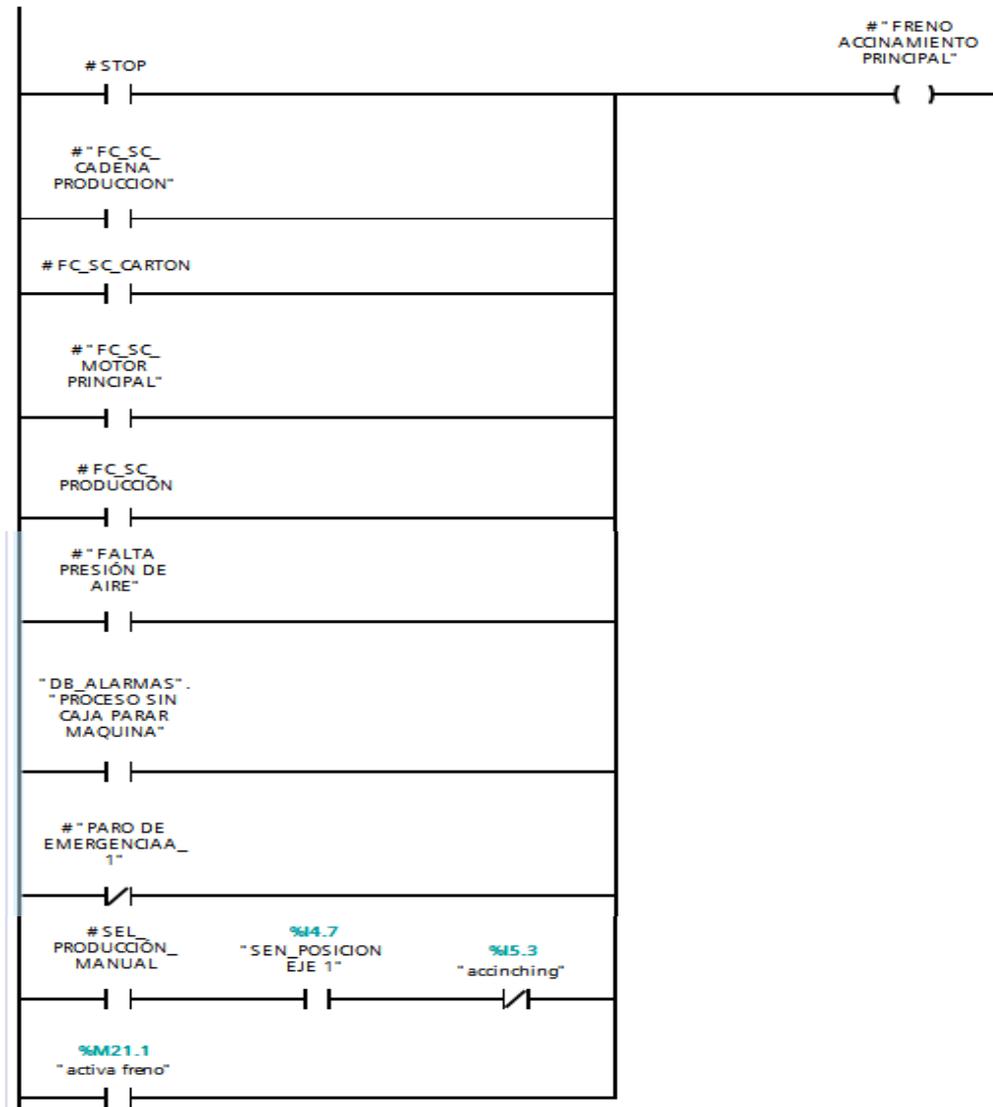


Figura 83. Accionamiento del freno de la máquina.

Control del accionamiento del embrague principal, se activa con la entrada *I4.7* que corresponde al sensor posición del eje. **Figura 84.**

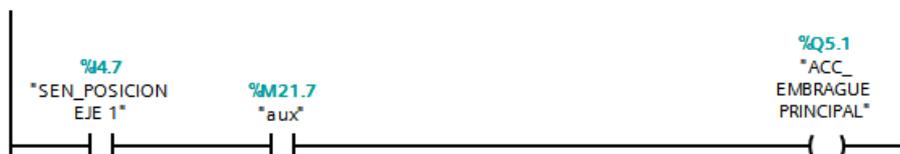


Figura 84. Accionamiento del embrague principal.

Reseteo de Luces del Panel de Operador.

Para resetear las activaciones de las luces del panel de operador, se configuró el botón de RESET del panel de operador, que cuando se acciona este botón se activa la entrada I5.6 del PLC y esta desactiva las luces. **Figura 85.**

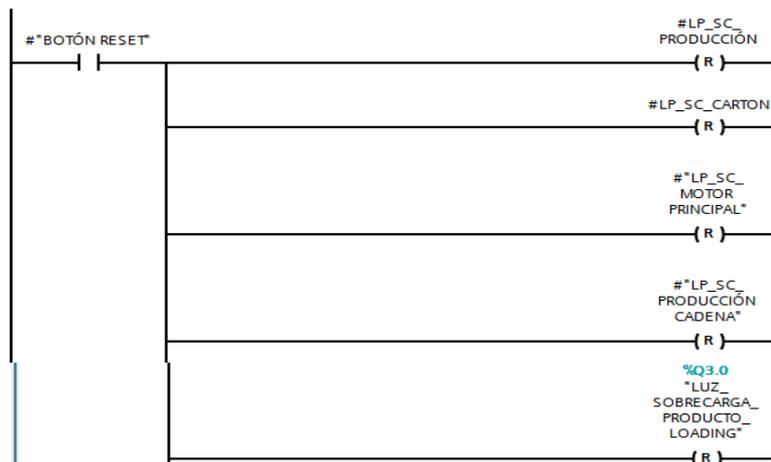


Figura 85. Reseteo de luces del panel de operador.

4.3.14 Control de toma de caja

En la **Figura 86**, muestra el diagrama de flujo del control del proceso de empaquetado.

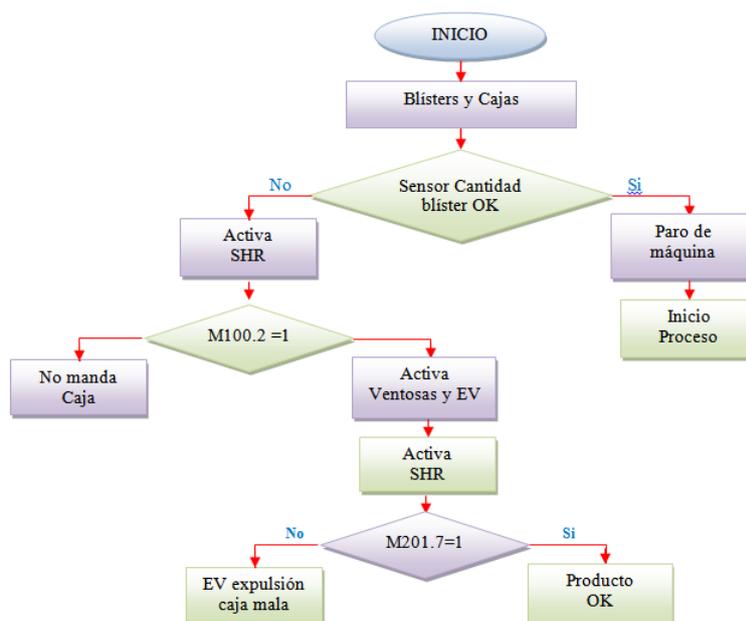


Figura 86. Diagrama de flujo del proceso de empaquetado.

El blíster es transportado por la cadena de productos, se activa “SEN_CANTIDAD DE BLISTER OK” y manda una señal de habilitación a la entrada *I0.3* del PLC y activa la marca *M100.7*. Este proceso indica que el bit de confirmación se va a guardar en esta posición para el inicio del registro de desplazamiento. **Figura 87.**

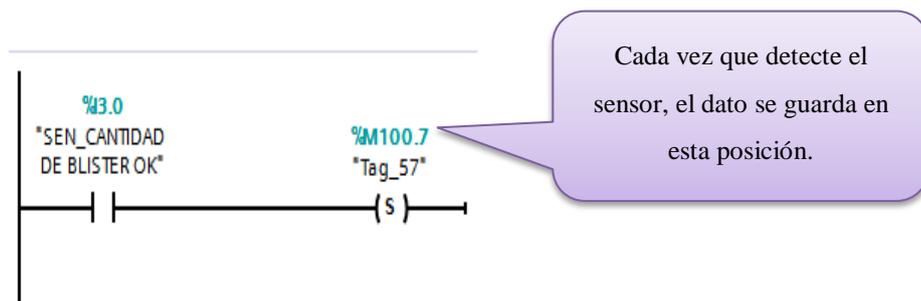


Figura 87. Activación del sensor blíster OK para el inicio del registro.

Para el control del ingreso del blíster a la caja, se activa el sensor óptico “SPRESENCIA DE BLISTER” y manda una señal de habilitación a la entrada *I3.7* del PLC, el contacto se cierra y activa la marca *M200.7*, e indica que en esta posición se va a guardar el bit de confirmación para el inicio del registro de desplazamiento. **Figura 88.**

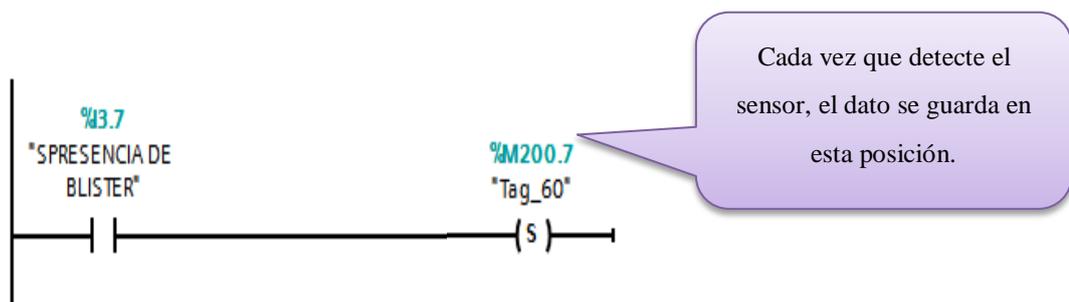


Figura 88. Activación del sensor presencia de blíster para el inicio del registro.

Para procesos en donde la caja necesita más de dos blísters para su empaquetado, se hizo el control. Para que cuando se pulse el botón START del panel de operador se habilita la entrada *I2.3* del PLC y realiza una comparación si el número de blísters ingresado por pantalla es mayor a 1.

Además el sensor “SEN_ CANTIDAD DE BLÍSTER OK” se acciona cuando hay blísters en la cadena, se enciende la entrada *I3.0* del PLC y se activa la marca *M61.0*, e indica que en esta posición se va a guardar el bit de confirmación para el inicio del registro de desplazamiento. **Figura 89.**

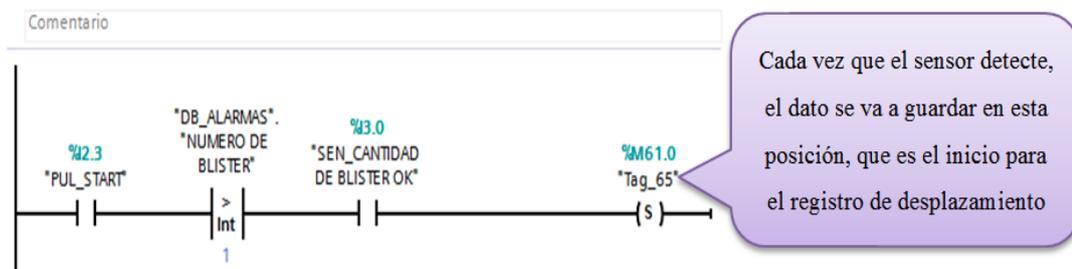


Figura 89. Activación del SHL para blísters mayores a uno.

El tipo de dato que se utilizó para los registros es de tipo *word*, es decir se tiene 16 posiciones para la instrucción. La **Figura 90** muestra un ejemplo de la utilización del registro, donde se crea la variable tipo Word *MW100*, éste dato va desde la *M100.7* que es la primera y *M101.0* que es la última dirección del registro.

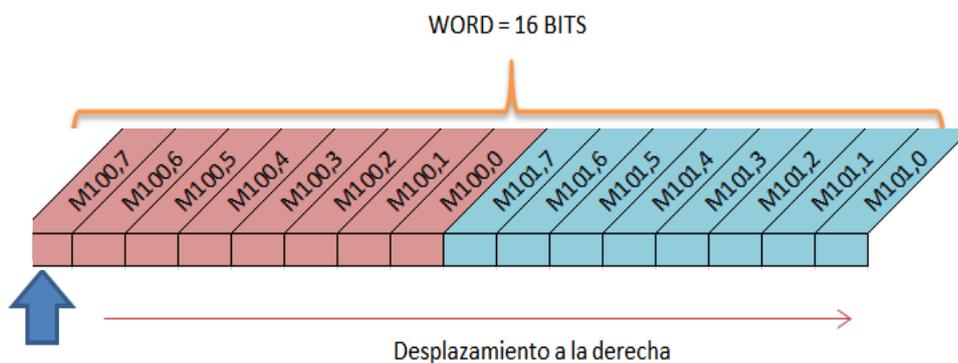


Figura 90. Espacio de memoria para el registro de desplazamiento.

La **Figura 91** muestra un ejemplo de la cadena de producto, en la posición *M100.7* se va a colocar el “SENSOR CANTIDAD DE BLÍSTERS OK”. Una vez que detecta la presencia de las plaquetas, se activa el registro y va a desplazar el bit del dato del sensor posición en posición.

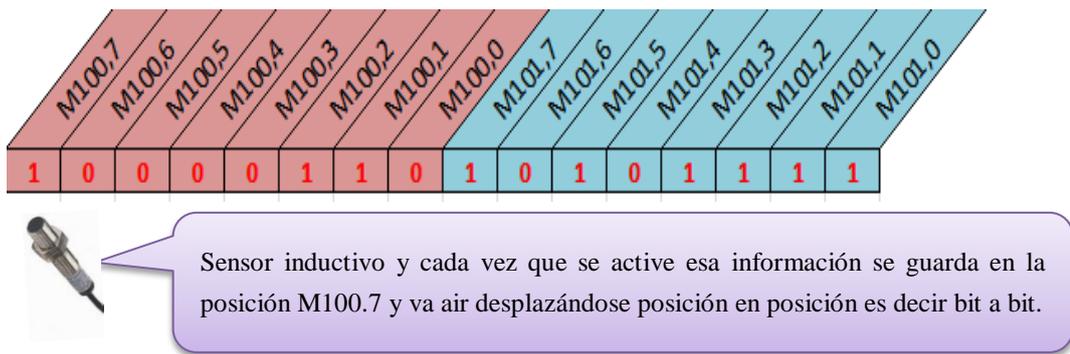


Figura 91. Ejemplo del desplazamiento del sensor

La entrada *IN* permite desplazar el contenido del operando, la salida *OUT* permite conocer el resultado del registro y el parámetro *N*, se colocó en 1 porque va a comparar posición en posición. **Figura 92.**

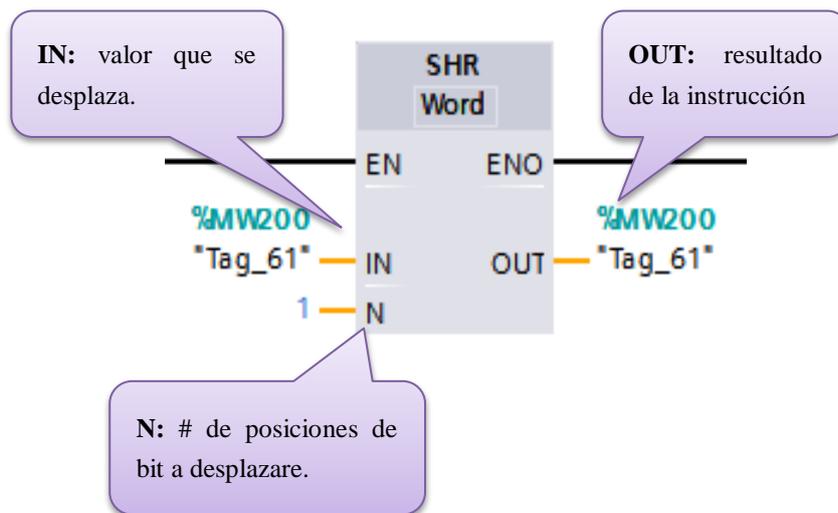


Figura 92. Ejemplo del registro de desplazamiento.

Para que la electroválvula se accione y tome la caja para su empaquetado, en la cadena de productos debe existir blísters. Se creó 3 registros de desplazamiento para este control. Estos registros se activan cuando se detecta un flanco positivo de la z del encoder y acciona la entrada *I0.3* del PLC, habilitando a los registros. **Figura 93.**

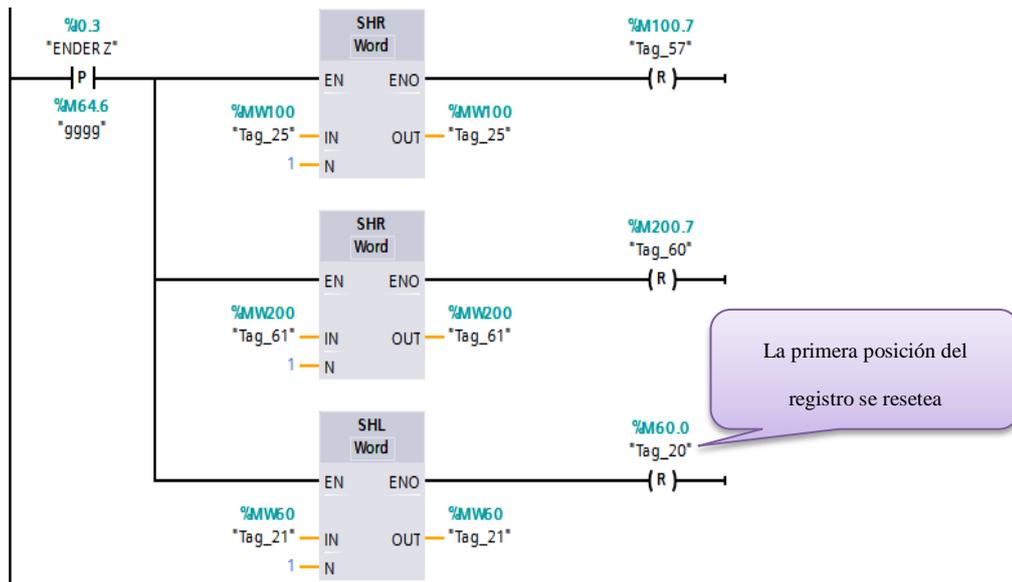


Figura 93. Activaciones de los registros de desplazamiento.

Toma de caja

El sensor detecta y envía un bit de confirmación de que se activó, este dato es desplazado hacia la derecha. Cuando el bit está en la posición *M100.2* y aparte la “z del encoder” se encuentre entre los ángulos 40° y 60° habilita la salida *Q2.0* del PLC y activa la electroválvula de toma de caja.

Para producción manual, la “z del encoder” debe estar entre los ángulos 40° y 60° habilita la salida *Q2.0* del PLC y activa la electroválvula de toma de caja. Se resetea la electroválvula cuando el sensor que detecta que hay cartón presente en la cadena de estuches activa la entrada *I3.2* del PLC. **Figura 94.**

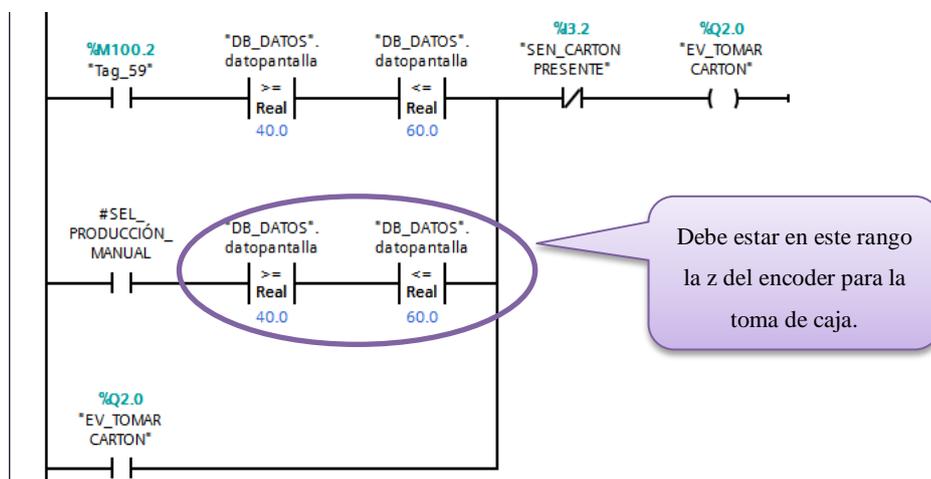


Figura 94. Control para el proceso de toma de caja.

Proceso toma de caja para blíster mayores a 1

En el proceso ingreso de más de un blíster en la caja, se programó para que cuando el sensor detecte envíe un bit de confirmación de que se activó, este dato es desplazado hacia la izquierda y cuando el bit se encuentra en la posición *M61.1*, se cierra su contacto habilitando la marca *M21.5* del PLC y manda a que se apague la máquina.

El operador debe acercarse a la pantalla en la que se visualizara un mensaje indicando que no hay blíster en la cadena de producto. Una vez arreglado el problema tiene que pulsar el botón de reseteo para continuar con el proceso.

Figura 95.

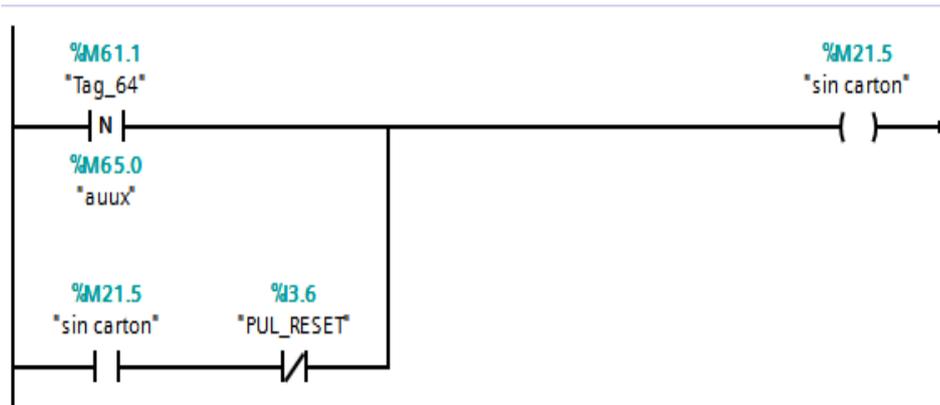


Figura 95. Proceso de ingreso de blisters en la caja mayores a uno.

Se programó, cada vez que el sensor óptico detecte, guarde el dato de confirmación y cuando el bit del estado del sensor se encuentre en la posición *M201.7* habilita la salida *Q2.2* del PLC y activa la electroválvula de expulsión de caja. **Figura 96.**

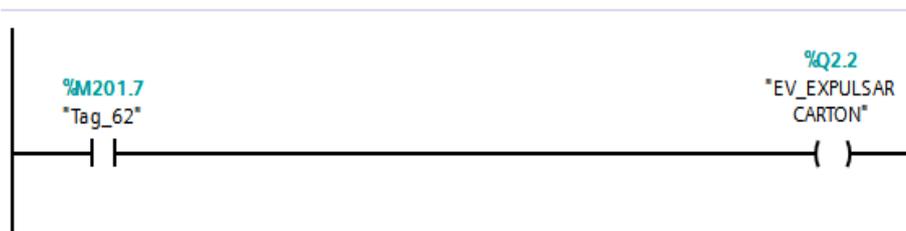


Figura 96. Expulsión de caja.

4.3.14. Producción Total

Para conocer cuántas cajas se han producido en el día se creó 3 procesos:

1. La variable *I2.3* se cierra, cuando se presiona el botón “START” y además si el “sensor final caja” se activa. Habilita un contador y en su salida informa cuántas cajas buenas se realizó. **Figura 97.**

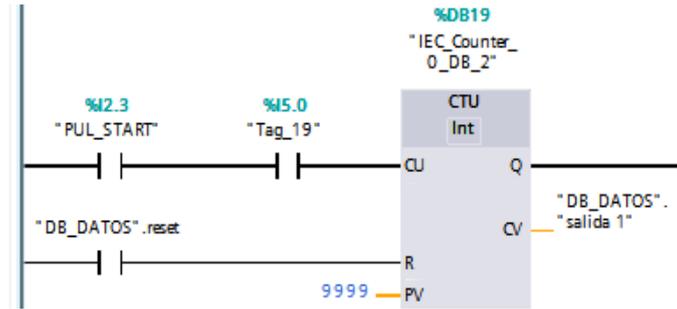


Figura 97. Contador de cajas buenas.

2. "*FC_ESPERA2*" es activada cuando se presiona el botón “START” y además si el sensor cartón presente se acciona, habilita al contador y en su salida informa cuántas cajas malas se empaquetó. **Figura 98.**

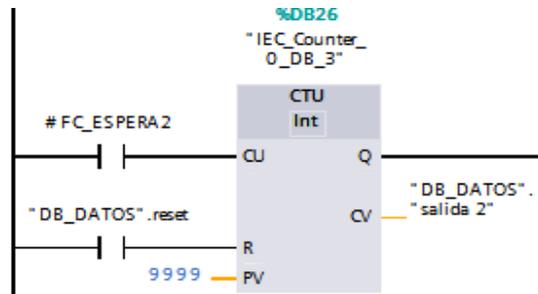


Figura 98. Contador de cajas malas.

3. Se realizó una resta de las cajas buenas de las malas para conocer el total que se empaquetó en el día. Estos resultados se visualizan en la HMI. **Figura 99.**

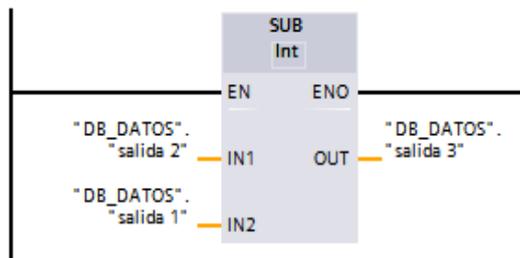


Figura 99. Resta de las cajas buenas de las malas.

Ya programado todas las activaciones de operador, se le asigna las entradas y las salidas a intervenir para que el proceso de activación funcione. **Figura 100.**

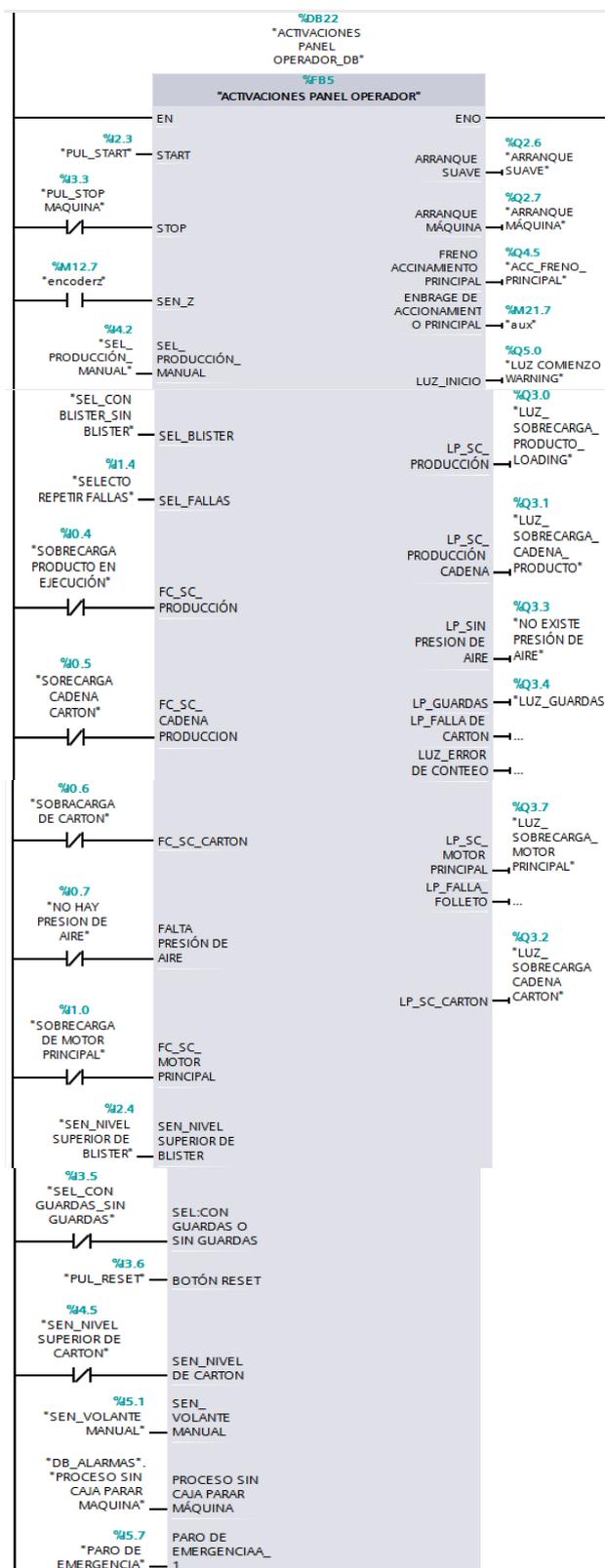


Figura 100. Configuración del bloque Activaciones del panel de operador.

4.3.15. Alarmas

Las alarmas se visualizan en tiempo real y se configuró para que se presenten en forma de mensajes de texto. Dicha información se visualiza y permite al operador de la máquina identificar y actuar en que parte de la encartonadora se encuentra produciendo un error para corregirlo. En un bloque se creó la configuración de las alarmas y con una variable tipo STRING que almacena una secuencia de caracteres. En cada posición se coloca la activación de cada alarma a intervenir en el proceso, esta variable nos ayudará en la programación de la HMI, una vez activadas aparecerá un mensaje en la pantalla.

Con la habilitación de la entrada *I0.4* que indica que existe una sobrecarga en el producto en ejecución y el dato lo guarda en la primera posición de la variable STRING. **Figura 101.**



Figura 101. Alarma de Sobrecarga del producto en ejecución.

La entrada *I0.5* se activa e indica que existe una sobrecarga en la cadena cartón. Acciona la salida y guarda el dato lo en la segunda posición de la variable STRING. **Figura 102.**

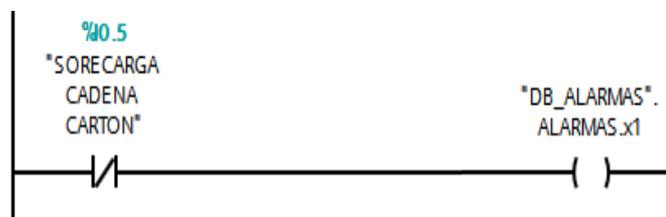


Figura 102. Alarma de Sobrecarga de la cadena de estuches.

Con la habilitación de la entrada *I0.6* que indica que existe una sobrecarga de cartón, guarda el dato en la tercera posición de la variable. **Figura 103.**

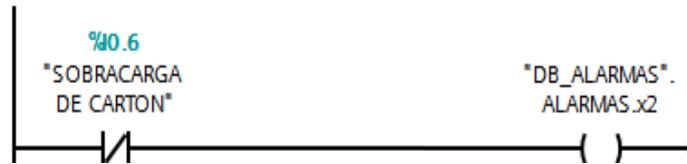


Figura 103. Alarma de sobrecarga del abastecimiento de cartón.

La entrada *I0.7* activada indica que no hay presión de aire, es decir que no está activada la toma de aire, en la cuarta posición se guarda el dato de la salida, además con la salida *Q3.3* accionada se enciende la luz correspondiente del error en el panel de operador. **Figura 104.**

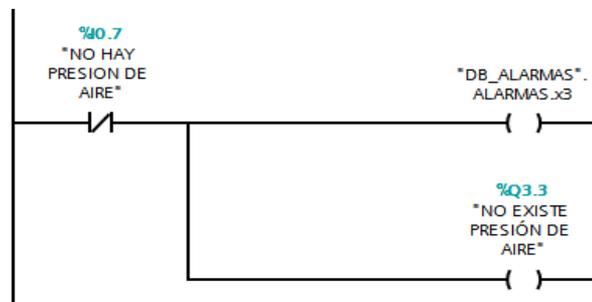


Figura 104. Alarma de no hay presión de aire.

Con la habilitación de la entrada *I1.0* que indica que existe una sobrecarga del motor principal, se activa la salida y guardar el dato en la quinta posición de la variable STRING. **Figura 105.**

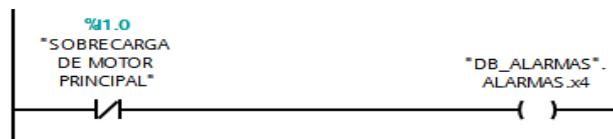


Figura 105. Alarma de sobrecarga del motor principal.

La entrada *I2.4* activada, que indica que el sensor nivel superior de blíster se accionó y en la sexta posición se guarda el dato de la salida. **Figura 106.**

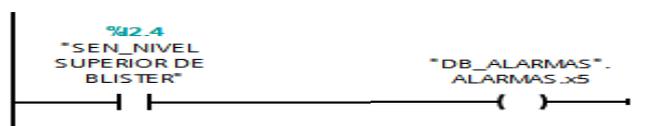


Figura 106. Alarma de abastecimiento de blísters en el almacén.

Con la habilitación de la entrada I3.4 que indica que las guardas están accionadas, es decir una de la puertas de la máquina se encuentran abiertas y se activa la salida y en la séptima posición se guarda el dato de la salida, además con la salida Q3.4 accionada se enciende la luz correspondiente del error en el panel de operador. **Figura 107.**



Figura 107. Alarma de Activación de guardas.

La entrada I4.5 accionada indica que el sensor nivel superior de cartón se accionó y en la octava posición se guarda el dato de la salida. **Figura 108.**

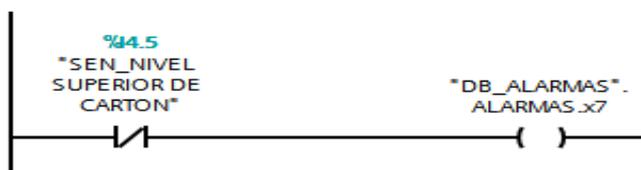


Figura 108. Alarma del Abastecimiento de estuches en el almacén.

Con la habilitación de la entrada I5.7 que indica que se presionó el paro de emergencia y en la décima posición se guarda el dato de la salida. **Figura 109.**

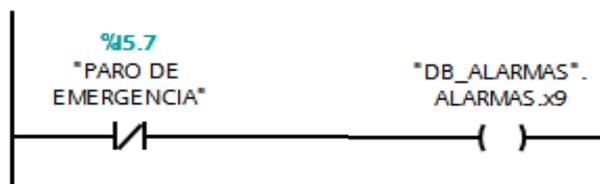


Figura 109. Alarma de la activación del paro de emergencia.

Cuando se acaba de configurar todas las alarmas, en el bloque principal se llama al bloque creado de alarmas ver **Figura 110.**

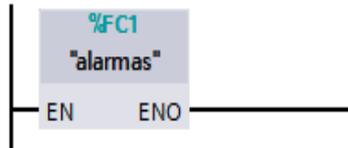


Figura 110. Activación del bloque de alarmas.

4.3.16. Configuración de la fecha y hora

El PLC posee un súper condensador que mantiene un reloj de funcionamiento con un tiempo de retención de 10 días si el autómata se apaga. Para que se visualice la hora y la fecha en la HMI se configura en el PLC la función **RD_LOC_T**, esta instrucción lee la hora local actual del reloj de la CPU y copia esta hora en la salida OUT, existen algunos parámetros que se debe seguir que en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Datos técnicos de la variable RD_LOC_T.

PARÁMETRO	DECLARACIÓN	DATOS	DESCRIPCIÓN
RET_VAL	Return	INT	Estado de la instrucción
OUT	Output	DTL	Hora local

Para emitir la hora local se definió la zona horaria y horarios de verano e invierno, estos parámetros se ajustan al configurar el reloj de la CPU, de las propiedades del PLC se estableció la hora local ver **Figura 111**.

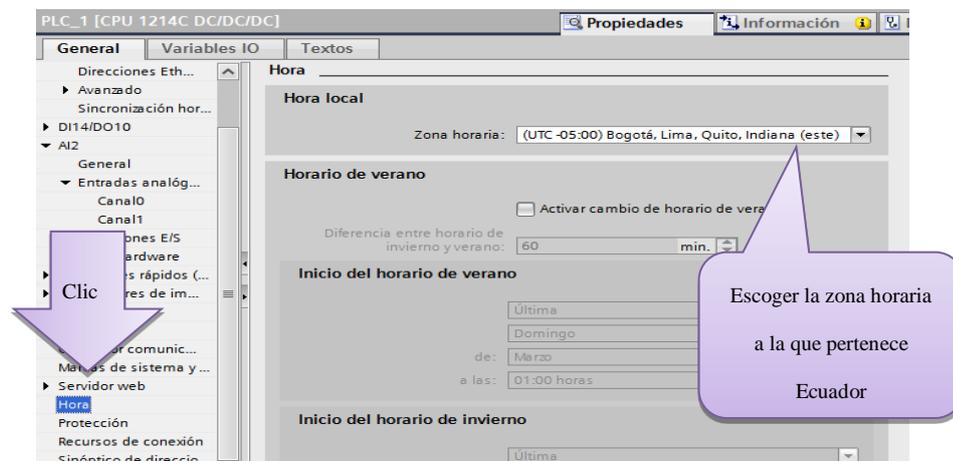


Figura 111. Selección de la zona horaria.

Del árbol del proyecto se dio clic en la opción *online y diagnóstico* y se escogió *ajustar hora*, esta opción funciona siempre y cuando el CPU y la PC estén conectados *online* para que así el CPU pueda aprender la hora de la computadora ver **Figura 112**.

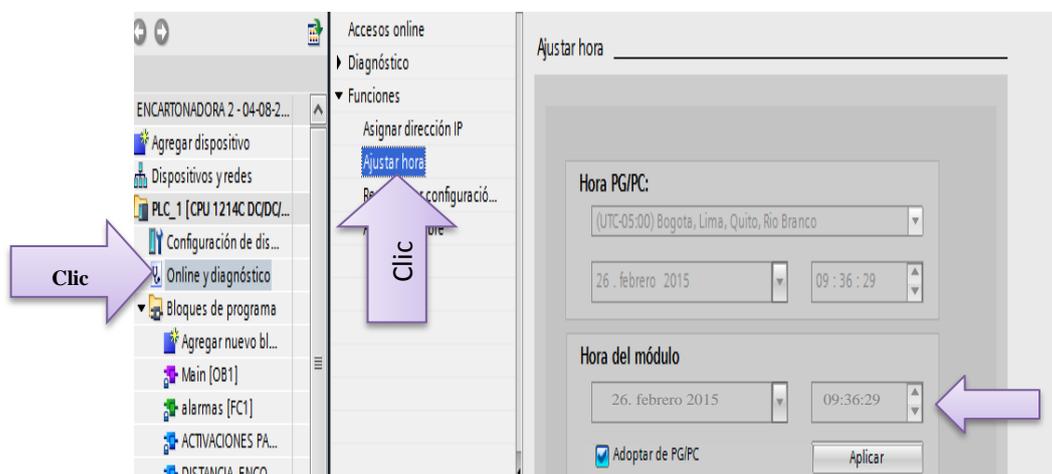


Figura 112. Ajustar la hora de la PC con el PLC.

El tipo de dato que se utilizó es DTL (Data and Time Long), es una estructura de 12 bytes y almacena información de fecha y hora. La **Tabla 14** indica cuáles son los parámetros para la fecha y la hora.

Tabla 14. Características DTL. [29]

Longitud (bytes)	Formato	Rango de valores	Ejemplo de un valor de entrada
12	Reloj y calendario (año-mes día:hora:minuto:segundo.nasegundos)	Min.: DTL#1970-01-01-00:00:00.0 Max.: DTL#2554-12-31-23:59:59.999 999 999	DTL#2008-12-16-20:30:20.250

La función **RD_LOC_T** se debe crear una variable tipo tiempo para que se visualice en la salida. **Figura 113**.

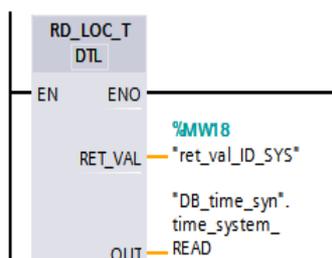
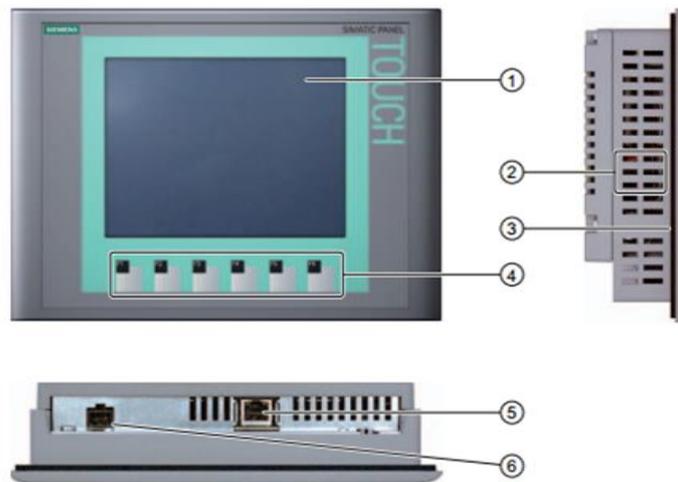


Figura 113. Función de leer la hora de la PC.

4.4. Interfaz gráfica para monitorear las variables de control.

La interfaz hombre máquina (HMI) se la realizó con SIMATIC STEP 7, porque ofrece innovadoras herramientas de ingeniería para una configuración homogénea. Esta HMI se encuentra en un panel de operador y le permite al usuario interactuar en tiempo real con los procesos gracias a su interfaz gráfica.

La KTP 600 Basic que se usó ofrece una perfecta relación rendimiento/precio, está equipada con una pantalla STN de 5,7 pulgadas. Permite que la representación de las pantallas de explotación menos complejos a un tamaño conveniente. El panel puede ser operado por una pantalla táctil analógica resistiva y complementariamente de 6 teclas de función libremente configurables. **Figura 114.**



- ① Display/pantalla táctil
- ② Escotaduras para mordazas de fijación.
- ③ Junta de montaje
- ④ Tecas de función
- ⑤ Interfaz PROFINET
- ⑥ Conexión para la fuente de alimentación

Figura 114. Características HMI. [31]

4.4.1. Características KTP 600 Basic

Los aspectos más relevantes de la KTP 600 se describen en la **Tabla15**. E indica cuál es la resolución de la pantalla, cuantos voltios necesita para su alimentación y cuantas teclas posee para la automatización.

Tabla 15. Datos técnicos de la HMI KTP 600. [31]

FUNCIÓN	KTP 600 básica
Peso sin embalaje.	<i>Aprox. 1070 gramos.</i>
Pantalla tipo.	<i>LCD mono FSTN.</i>
Área activa de la pantalla.	<i>115.2 x 86.4 [mm] – 5.7 ”</i>
Resolución.	<i>320 x 240 pixeles.</i>
Colores representativos	<i>4 niveles de grises.</i>
Ajuste de brillo	<i>No.</i>
Unidad de entrada	<i>Pantalla analógica resistiva.</i>
Teclas de función	<i>6.</i>
Memoria de aplicación.	<i>512 Kb.</i>
Alimentación.	<i>24 VDC.</i>
Rango admisible:	<i>19.2 V a 28.8 V</i>
Transitorios, máximo admisible.	<i>35 V – 500 [ms].</i>
Consumo: <ul style="list-style-type: none"> • Típico. • Corriente continuo máx. • Corriente transitoria de conexión $I^2 t$ 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aprox. 240 mA</i> • <i>Aprox. 350 mA</i> • <i>Aprox. 0.5 A² s.</i>
Reloj de software sincronizable.	<i>Sí.</i>
Fusible interno	<i>Electrónico.</i>
Retroalimentación	<i>CCFL</i>
Half Brightness life time típico.	<i>50000 H</i>
Interfaz 1x Ethernet	<i>R J45 10/100 Mbps</i>

4.4.2. Creación de las Pantallas

Para visualizar el proceso de automatización, se programó mediante la ayuda del programa TIA portal. Las imágenes del proyecto contienen vistas para valores y avisos que informan de los estados del proceso. En el árbol del proyecto, se seleccionó “agregar dispositivo”. De la gama de HMI’s que existe en STEP 7, se eligió la KTP600 PN para la elaboración del proyecto, aquí se visualiza la versión de la pantalla y las características de la HMI. **Figura 115.**

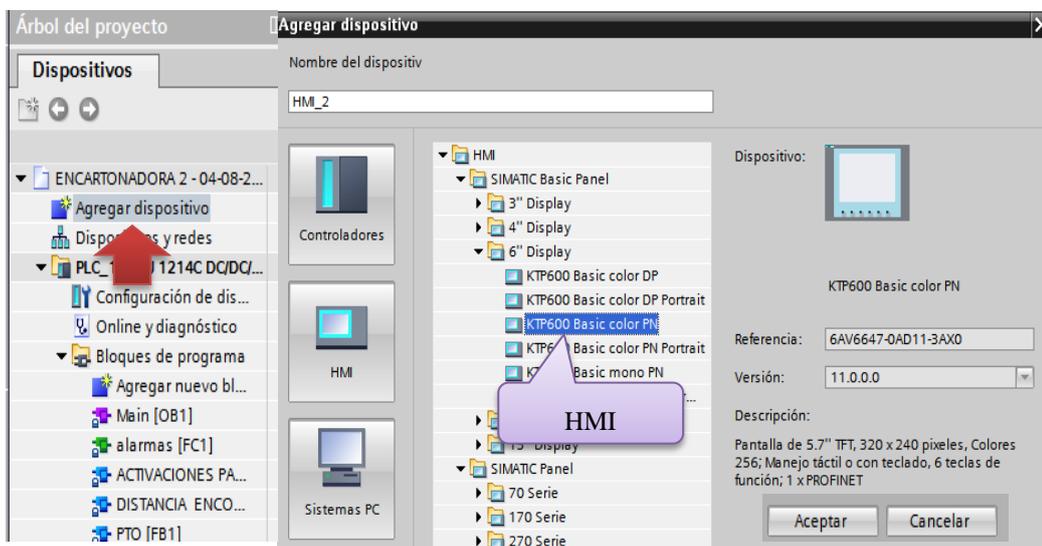


Figura 115. Selección de la HMI del TIA Portal.

Con la HMI escogida según los requerimientos para la automatización, de las opciones de configuración y se tiene que seleccionar el tipo de conexión para la comunicación con el autómeta. **Figura 116.**

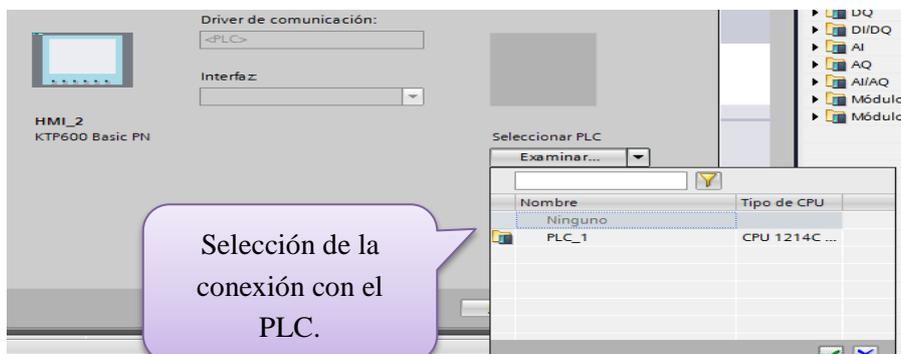


Figura 116. Selección de la interfaz.

Automáticamente se crea el driver de comunicación entre la HMI – PLC, se coloca una línea verde indicando que la conexión esta OK. **Figura 117.**

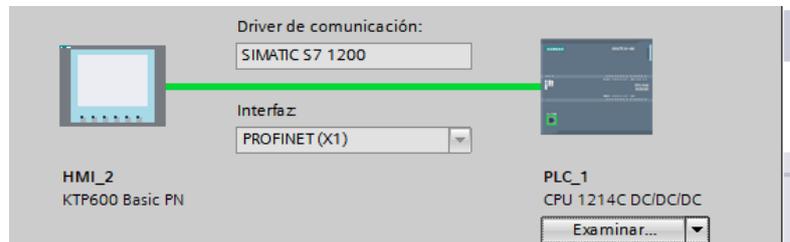


Figura 117. Conexión de la interfaz.

4.4.3. Pantalla Principal

Con la ayuda de las funciones que ofrece la interfaz del Tia portal se programó el proceso de empaquetado y se diseñó la interfaz principal fácil de acceder, que permita monitorear las variables en tiempo real y al ser una pantalla táctil se debe presionar cada uno de los botones para acceder a cada opción.

La **Figura 118** muestra la pantalla principal, donde se debe ingresar la cantidad de plaquetas que se requiere en cada caja, además se enciende un foco (*cambia de color de blanco a gris*) indicando que la máquina arrancó. Así mismo se visualiza el ángulo de la posición del encoder de la máquina, la hora y la fecha. Y si se presiona la tecla *F3*, se cambia a la pantalla siguiente.

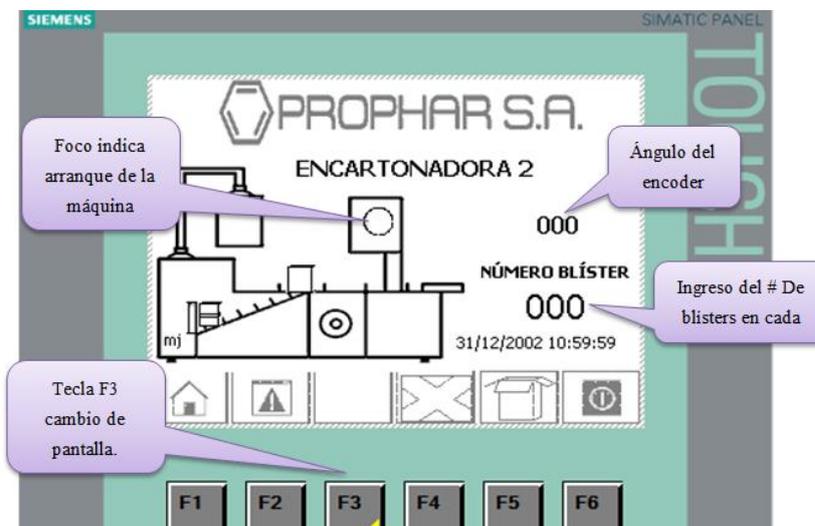


Figura 118. Pantalla principal.

Adicional en la parte inferior de la pantalla se encuentra una barra de acceso a la HMI. **Figura 119.**

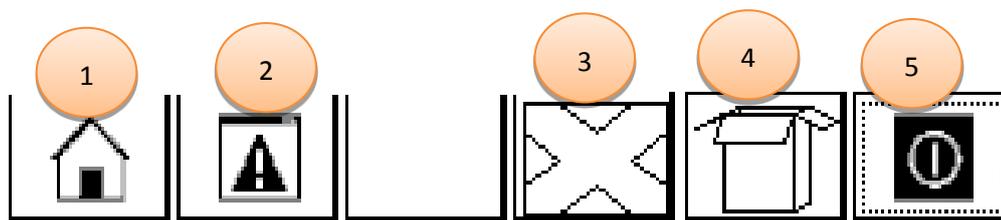


Figura 119. Barra de inicio rápido.

1. Ingresa a la pantalla principal.
2. Aparece una sub pantalla y se visualizará mensajes de las alarmas que se presenta en el proceso como:
 - sobrecarga cartón cadena.
 - falta presión de aire.
 - sobrecarga motor principal.
 - nivel inferior de blísters.
 - puertas abiertas.
 - nivel inferior de cartón.
 - paro de emergencia.
 - falta blíster en la cadena.
3. Resetea el número de cajas terminadas.
4. Activa la toma de cajas.
5. Sale del RUNTIME, es decir apaga la HMI.

Para procesos de ingreso de más de un blíster, existe un control que si el sensor “*cantidad de blíster OK*” detecta la plaqueta y ésta se encuentra en la cadena de producto, no envía una señal de confirmación al PLC. En la pantalla principal aparece un mensaje indicando que “*falta blíster en cadena*”. Después de dos segundos la máquina se detiene y el operador tiene que revisar el daño y una vez solucionado el inconveniente presiona el botón del panel de operador de reseteo para que la máquina continúe con el proceso. **Figura 120.**



Figura 120. Mensaje cuando no existe blíster en la cadena.

En la pantalla principal se puede visualizar en qué estado del empaquetado se encuentra la máquina, es decir una imagen clara con movimiento de lo que está sucediendo en el proceso, desde la dosificación de blíster hasta la expulsión de la caja. Gracias a objetos configurados con movimiento para que se vayan trasladándose conforme el movimiento del sistema. **Figura 121.**

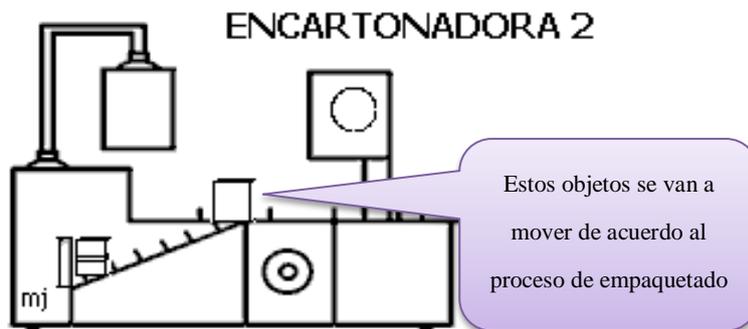


Figura 121. Movimiento de objetos.

4.4.4. Pantalla de producción

En la pantalla de producción se visualiza el total de cajas producidas en el día, el operador de la máquina podrá saber cuántas cajas se produjeron, solo presionando la tecla *F3* de la ventana principal. En ésta pantalla se programó en el PLC contadores para cajas vacías, llenas y para el total se hizo una resta. Los resultados se visualizaran en esta ventana, además se cuenta con botón de reseteo para poner los contadores en cero. **Figura 122.**

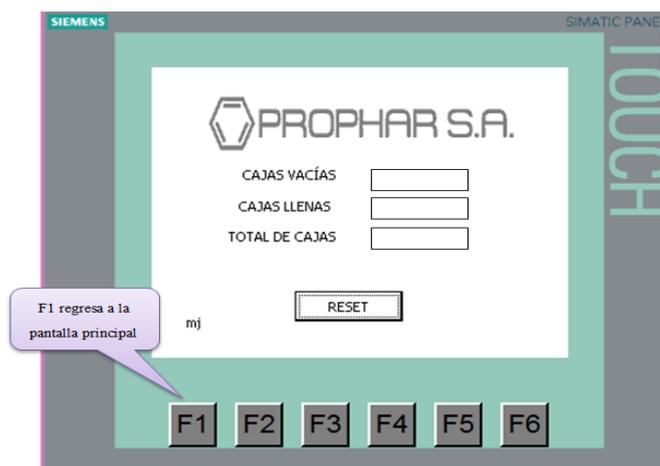


Figura 122. Pantalla Producción.

4.4.5. Presupuesto.

Para la implementación de este proyecto la empresa recomendó que se trabajara con equipos de la marca SIEMENS, porque sus equipos son excelentes y además ofrecen una mejor garantía. La **Tabla 16** muestra una estimación del presupuesto de los equipos a utilizarse, para la automatización de la encartonadora.

Tabla 16. Análisis del presupuesto.

DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNITARIO	IVA (12%)	TOTAL \$
PLC 1214 DC/DC/DC	1	550,00	75,00	625
MÓDULOS DE AMPLIACIÓN DE 16 ENTRADAS Y 16 SALIDAS	2	785,488	107,112	892,6
HMI KTP 600 PN	1	724,68	98,82	823,5
MOTOR A PASOS + DRIVE	1	3554,496	484,704	4039,2
ARMADO DEL TABLERO	1	312,40	42,60	355
PROGRAMACIÓN	1	470,8	64,2	535
MATERIAL MENUDO	1	142,56	19,44	162
		TOTAL		7432,30

4.5. Conexión física y lógica de los dispositivos.

4.5.1. Conexión Lógica

Para establecer una conexión entre PC-CPU o CPU-HMI. Profinet es una de las interfaces que ayuda con ésta comunicación, porque usa un protocolo industrial confiable y facilita el intercambio de datos en tiempo real, garantizando una comunicación robusta.

Características

Todo dispositivo PROFINET puede ser identificado en la red de forma unívoca a través de su interfaz PROFINET. Para ello dispone de:

- Una dirección MAC (ajuste de fábrica)
- Una dirección IP
- Un nombre de dispositivo (Name Of Station).

Es posible conectar:

- PLC y PC mediante cable CAT5 estándar. **Figura 123.**

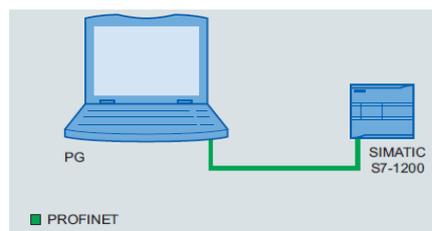


Figura 123. Conexión PG con el PLC S7-1200.

- HMI y CPU mediante cable CAT5 estándar. **Figura 124.**

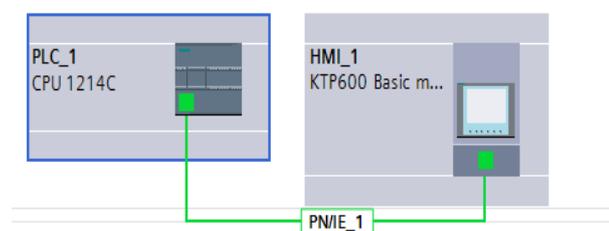


Figura 124. Conexión HMI con el PLC S7-1200.

La **Figura 125** muestra el diagrama de conexión de los dispositivos a intervenir en la automatización, la línea verde indica la arquitectura de red y cada uno con su respectiva dirección IP para la comunicación con cada uno de ellos.

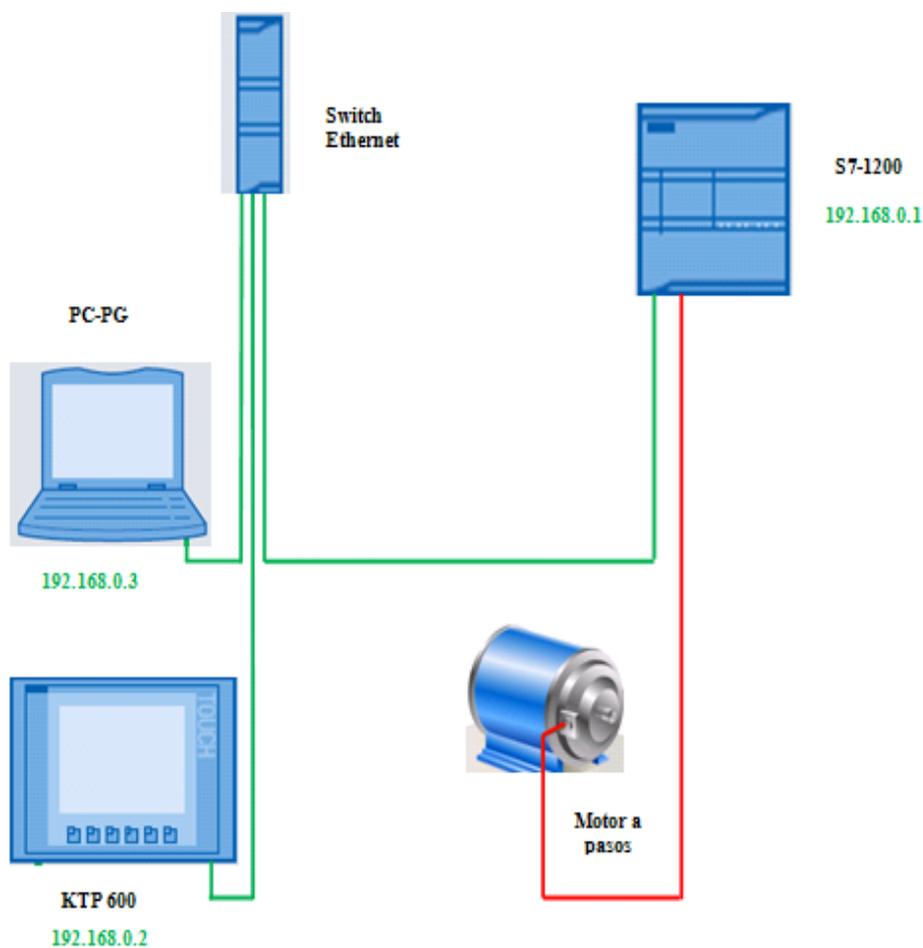


Figura 125. Diagrama de dispositivos conectados.

4.5.2 Conexión Física

Todos los dispositivos que intervienen en el proceso de automatización son interconectados a través de un switch y pueden comunicarse directamente unos con otros porque se encuentran en la misma red, la máscara de subred es idéntica para todos los dispositivos que están conectados. La interconexión de dispositivos PROFINET en plantas industriales se puede realizar básicamente por conexión con cable con señales eléctricas a través de cables de cobre.

Para el enlace entre equipos se usó el cable UTP categoría 5e que es un tipo de cable utilizado para conectar dispositivos informáticos y de red. En procesos industriales permite conectar redes formadas por PLC's, HMI's, etc. Este cable consta de 4 pares de hilos. **Figura 126.**

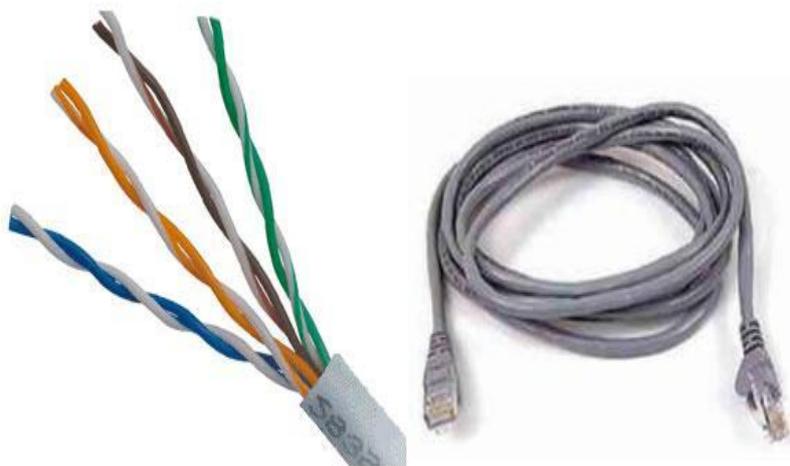


Figura 126. Cable UTP categoría 5e.

Para la conexión se construyó el cable según el estándar TIA-568B, esto permite que los cables funcionen en cualquier red. Para la elaboración se cuenta con un conector RJ45 en cada extremo del cable con los colores en el orden como se muestra en la **Figura 127.**

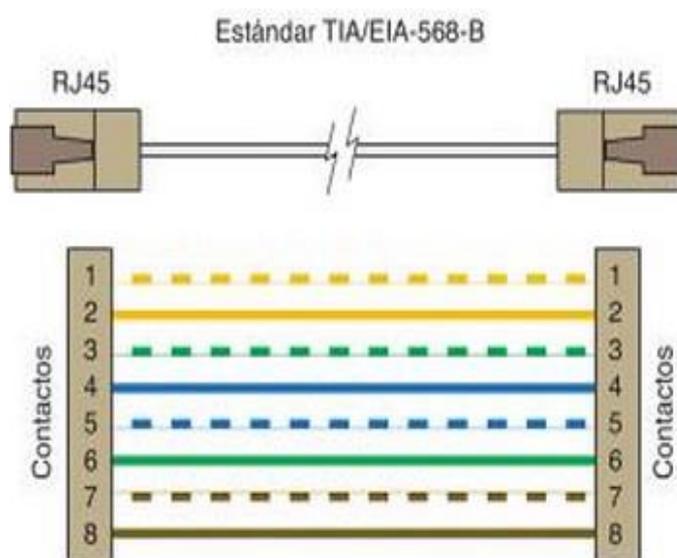


Figura 127. Estándar 568-B para conectar el cable. [32]

Especificación técnica de la interfaz PROFINET

La **Tabla 17** muestra algunas de las características de la interfaz Profinet, como el tipo de conector que se necesita para la elaboración del cable y a qué velocidad se transmite los datos.

Tabla 17. Datos técnicos de la interfaz PROFINET. [33]

Propiedad física	Técnica	Tipo de cable	Velocidad de transferencia	Longitud máx.	Ventajas
Eléctrica	Conector RJ-45	100Base-TX cable de cobre de par trenzado, simétrico y apantallado	100 Mbps / dúplex	100 m	Conexión de cable simple y económico

Se insertó un extremo del cable PROFINET en la CPU y el otro extremo al puerto Ethernet del PC como se indica en la **Figura 128**.

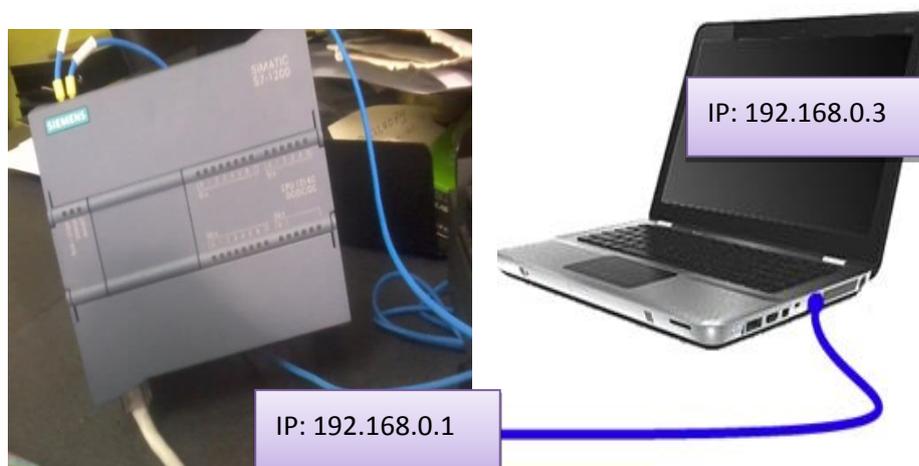


Figura 128. Conexión PLC con la PC.

En la descarga de la configuración del proyecto a la CPU, aparece una ventana donde se escoge el nombre de la interfaz del autómata y de la PC, aquí se visualiza una línea verde indicando que se ha establecido la comunicación con la dirección 192.168.0.1 y después se dio clic en cargar como se indica en la **Figura 129**.

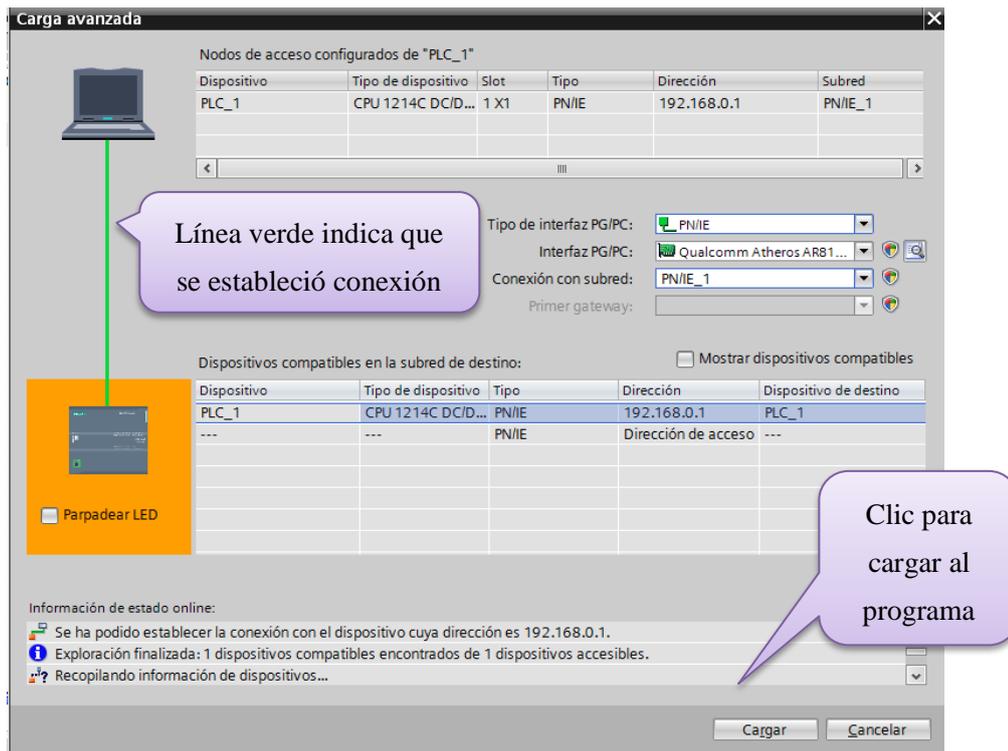


Figura 129. Carga del programa al PLC.

4.6. Implementación de un sistema de Backup

Una de las opciones que brinda Tia Portal es la función de servidor web. Partiendo como base el programa, se activa el Servidor Web, como se indica en la **Figura 130**. Mediante ésta activación se crea una red inalámbrica local que a través de una página web permite el acceso a las variables del autómatas.

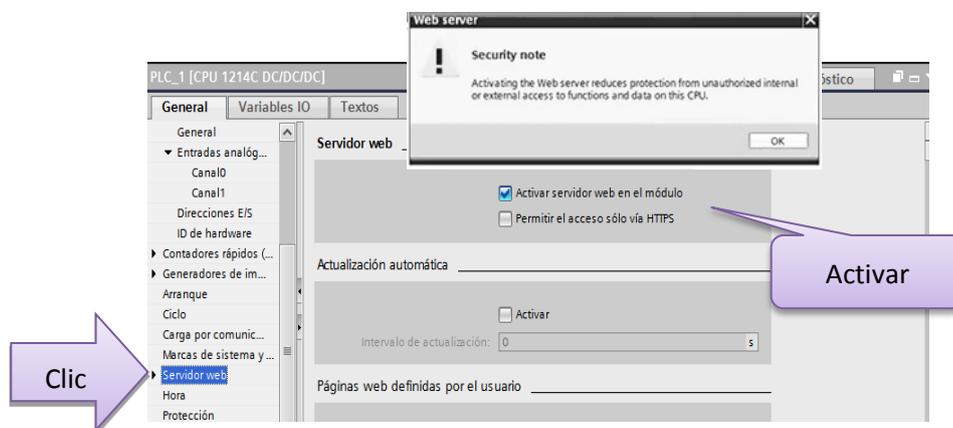


Figura 130. Activación del servidor web.

El servidor web ofrece acceso a datos y procesos del autómatas. Para acceder a la página web estándar del S7-1200, el proyecto contara con una dirección IP del PLC y la unión a una subred, mediante un switch. Por último se compila y se carga el proyecto al PLC, con estos sencillos pasos. Se conecta el PLC a una red y se abre el navegador desde de la PC y se introduce la dirección IP del Autómata ver **Figura 131**.

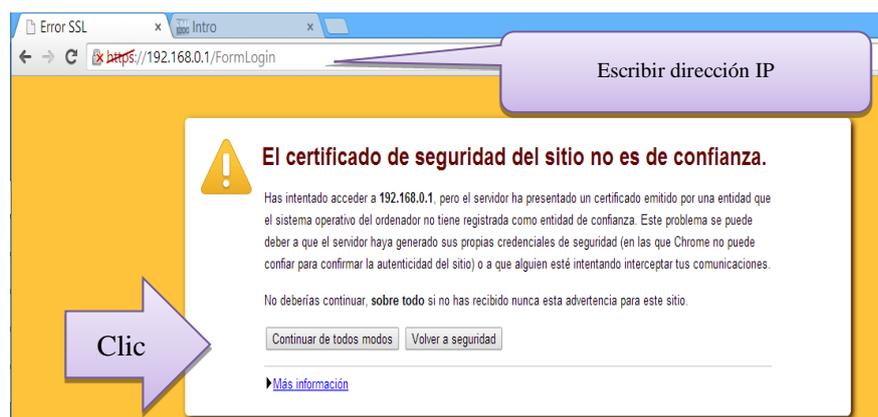


Figura 131. Ingreso de la dirección IP en el navegador.

Automáticamente se abre la página de presentación, para ingresar a la interfaz de SIEMENS se da clic en la opción entrar. **Figura 132**.



Figura 132. Interfaz de ingreso de SIMATIC-1200.

La página principal muestra al CPU S7-1200 e indica la información general sobre el PLC. Si el usuario se registra e inicia sesión como administrador escribiendo el nombre y la contraseña que en todos los sistemas por defecto es *admin*, accederá al sistema. Aquí se puede modificar el estado de (STOP y RUN). La **Figura 133** muestra la información técnica del autómatas.

- LED'S de estado de la CPU.
- Nombre del módulo.
- Estado del arranque.
- Dirección IP de la CPU.

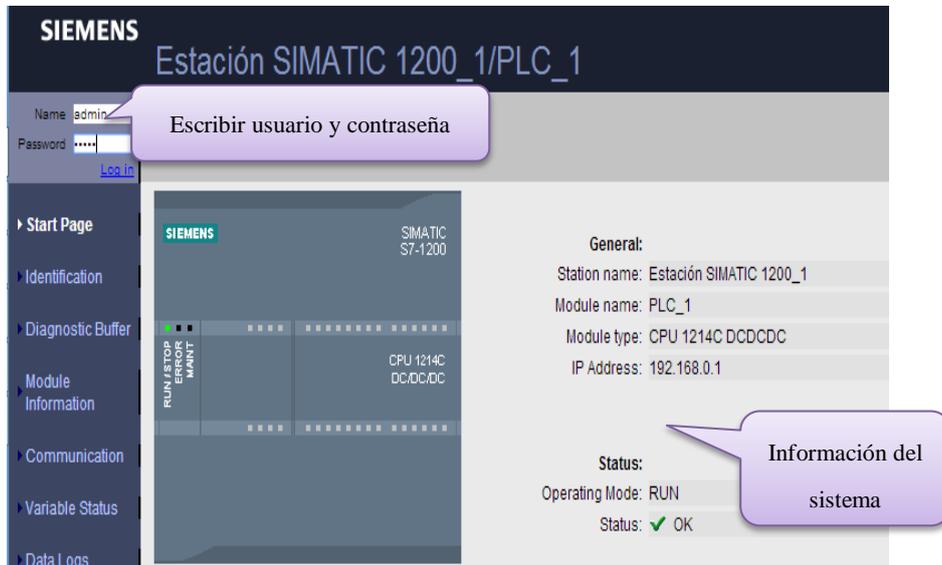


Figura 133. Información del estado del sistema.

El panel de opciones se encuentra en el lado izquierdo de la interfaz del servidor web, al dar clic en la opción identificación, se visualiza la información del CPU como el número de serie del automático, la versión del hardware y la del firmware. En la parte superior derecha se visualiza la hora y la fecha en la se accedió al servidor. **Figura 134.**

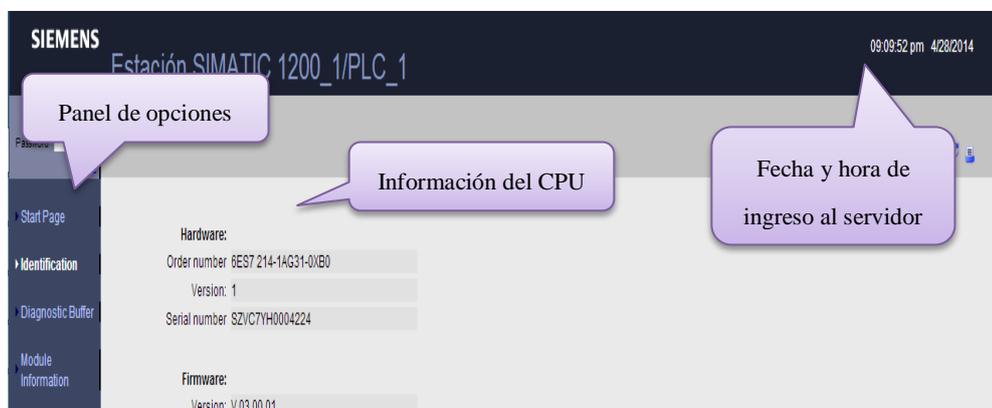


Figura 134. Información del PLC.

Si se da clic en la opción "*diagnostic buffer*", muestra la página de las entradas de diagnóstico y se visualiza los eventos que han ocurrido con la hora y fecha del proceso. Por ejemplo cuando se presionó STOP, reseteo y si se encendió las entradas y las salidas. Los valores de datos se actualizan automáticamente. **Figura 135.**

Number	Time	Date	Event
1	08:48:20:272 pm	4/28/2014	CPU info: Follow-on operating mode change
2	08:48:20:269 pm	4/28/2014	CPU info: Communication initiated request WARM RESTART
3	08:48:20:269 pm	4/28/2014	CPU info: New startup information
4	08:48:01:469 pm	4/28/2014	CPU info: New startup information
5	08:47:59:166 pm	4/28/2014	CPU info: New startup information

Figura 135. Información de diagnostic buffer.

La opción de comunicaciones muestra la página, donde se visualiza parámetros de la red como: la MAC del CPU, la dirección IP con su respectiva máscara de red y la velocidad a la que se está transmitiendo. **Figura 136.**

Parameter	Statistics		
Network connection:			
MAC address:	00-1C-06-0C-72-FB		
Name:	plcxb1d0ed		
IP parameter:			
IP Address:	192.168.0.1		
Subnet mask:	255.255.255.0		
Default router:	0.0.0.0		
IP settings:	Retained IP address is set inside of project		
Physical properties:			
Port number	Link status	Settings	Mode
1	OK	automatic	100 MBit/s full-duplex

Figura 136. Información de Comunicaciones.

4.7. Pruebas y controles del sistema de empaquetado.

Con la finalización de la programación y para tener una eficiencia en el desarrollo de este proyecto, se procedió a la implementación e instalación de todos los componentes. Adicionalmente realice pruebas de la dosificación de blísters y el traslado por la cadena de productos hasta la expulsión. Obteniendo buenos resultados y un buen empaquetamiento en las cajas.

4.7.1. Instalación de los dispositivos a utilizarse.

Para la instalación de los dispositivos, primero se desacopló y acopló el autómeta nuevo con los equipos existentes de la máquina. *Figura 137.*



Figura 137. Cambio del PLC antiguo por el de SIEMENS.

Se tuvo precaución en el momento del cambio de los cables. Recordando en que slot se encontraban las entradas y salidas para que no se confundan los cables. **Figura 138.**

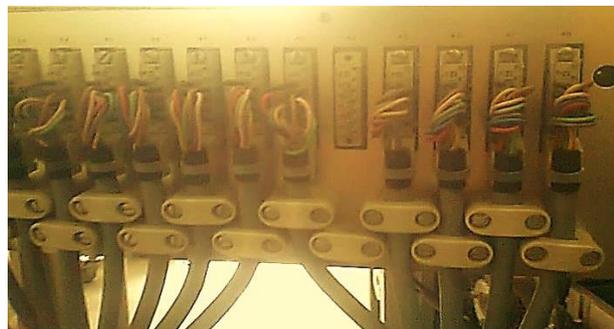


Figura 138. Desmontaje de los cables del PLC antiguo.

A la hora de la instalación, se tomó en cuenta lo siguiente:



Alejar los dispositivos de fuentes de calor, alta tensión e interferencias. En la **Figura 139**, muestra cual es el espacio necesario para la refrigeración y el cableado. Es decir a que distancia se debe colocar la canaleta, además se debe prever una zona de disipación de 25 [mm] por encima y por debajo de la unidad para la circulación del aire.

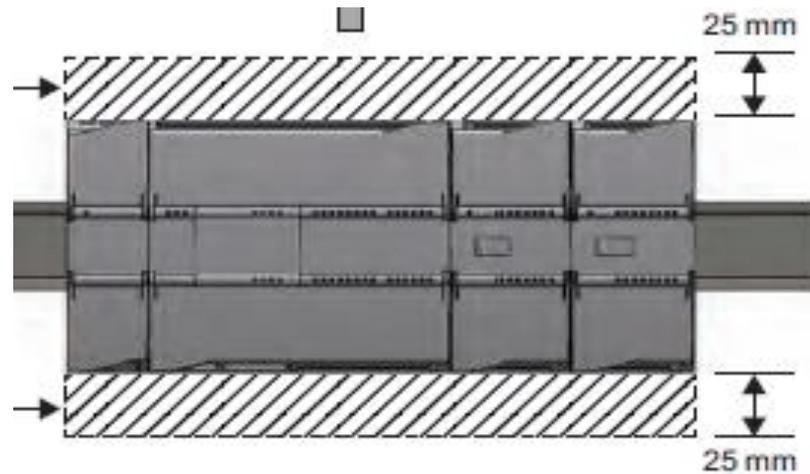


Figura 139. Información de la instalación de los dispositivos. [29]

El PLC 1214 DC/DC/DC se debe montar sobre un riel, en un armario eléctrico y a éste se lo instaló en un espacio de control que posee la máquina empaquetadora de blísters y que sólo el personal autorizado tiene acceso, si no se tiene precaución en el montaje puede producirse lesiones corporales y/o daños materiales. **Figura 140.**

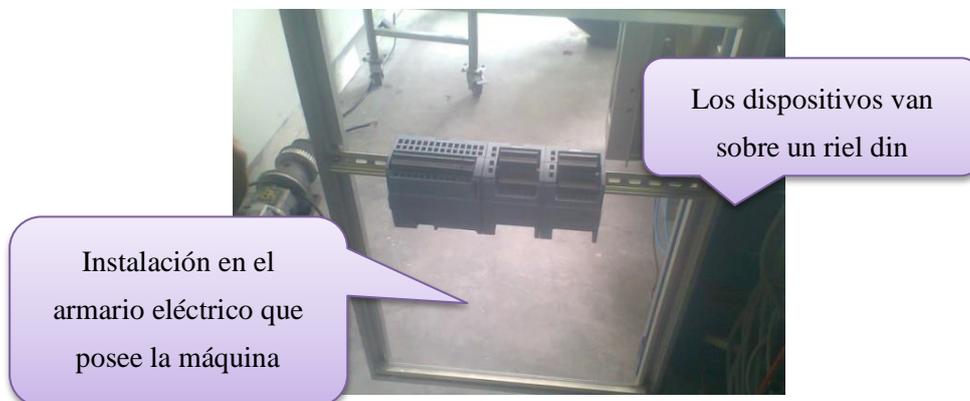


Figura 140. Montaje del PLC.

Con la ayuda del técnico eléctrico encargado de la máquina, se procedió a conectar los cables al nuevo PLC, para este proceso se guio de los planos de la encartonadora. **Figura 141.**



Figura 141. Conexión de las entradas y salidas al PLC nuevo.

Con los dispositivos ya instalados, se procedió a verificar que ninguna señal se quede sin conectar y se acomodó los cables sobre la canaleta para que tengan una mejor presentación. **Figura 142.**

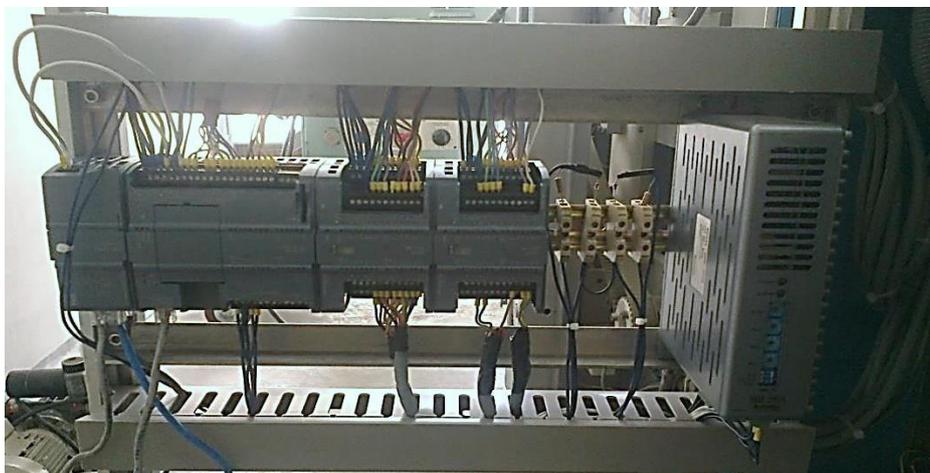


Figura 142. Dispositivos conectados.

Una vez terminada la implementación e instalación de todos los componentes del sistema de control de empaquetado, mediante actividades individuales y generales se procedió a realizar pruebas del correcto funcionamiento de la máquina empaquetadora de blísters tanto hardware como software.

4.7.2. Pruebas de conectividad en la red

La primera prueba que se realizó fue la comunicación entre dispositivos. Se ingresó a las conexiones de red, se configuró la dirección IP del computador. Esta dirección debe estar en la misma red del PLC y HMI. **Figura 143.**

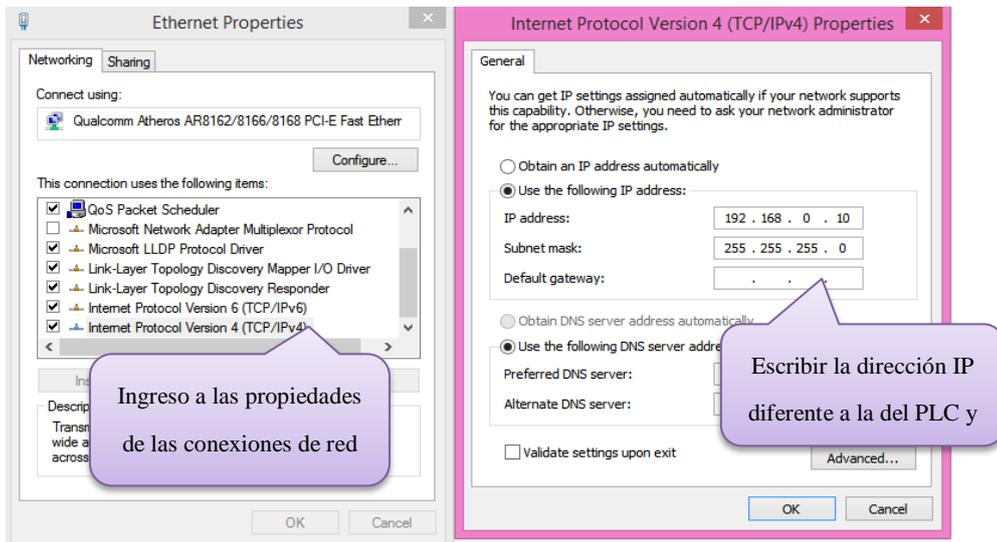


Figura 143. Configuración de la IP de la máquina.

Con la ayuda del comando ping se verificó la conectividad de los dispositivos en la red. Un primer ping a la dirección IP del autómat a la 192.168.0.1 para saber si existe comunicación entre ellos y el sistema automáticamente envía una serie de paquetes y espera una respuesta de retorno, este es el tiempo que se tarda en comunicarse dos puntos remotos. **Figura 144.**

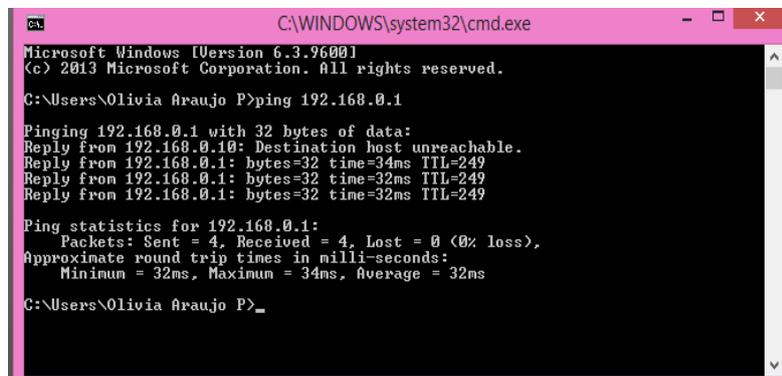
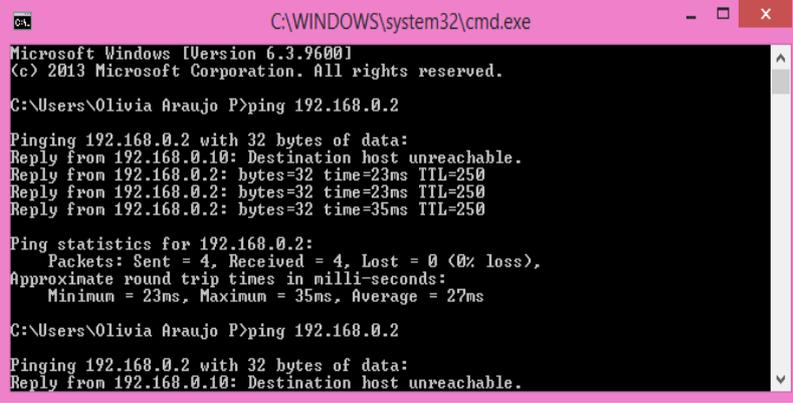


Figura 144. Ping al PLC.

Como se muestra en la **Figura 145**, se comprobó la conexión con la HMI realizando un ping desde el símbolo del sistema de la PC a la dirección IP 192.168.0.2.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Olivia Araujo P>ping 192.168.0.2

Pinging 192.168.0.2 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.10: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=23ms TTL=250
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=23ms TTL=250
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=35ms TTL=250

Ping statistics for 192.168.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 23ms, Maximum = 35ms, Average = 27ms

C:\Users\Olivia Araujo P>ping 192.168.0.2

Pinging 192.168.0.2 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.10: Destination host unreachable.
```

Figura 145. Ping a la HMI.

Se obtuvo buenos resultados, una vez comprobados que los dispositivos conectados a la red, exista conectividad y que puedan transmitir datos.

4.7.3. Pruebas mecánicas

Se verificó de que cada sensor esté bien acoplado a la estructura de la encartonadora, para de este modo puedan realizar la operación a la que están asignados y que no existan inconvenientes en el envío de la señal al PLC.

Figura 146.



Figura 146. Acople del sensor a la estructura de la encartonadora.

4.7.4. Pruebas eléctricas

Se revisó que todas las conexiones eléctricas que alimentan a la máquina estén bien conectados, además se verificó que el transformador *T1* en su salida nos de 220 V para la conexión del driver y se revisó con la ayuda de un multímetro que la fuente entregue 24 VDC, para la alimentación de sensores, PLC y HMI. **Figura 147.**



Figura 147. Comprobación del voltaje que alimentan a los dispositivos.

4.7.5. Pruebas de arranques.

Una vez verificado que los cables de alimentación de la máquina estén bien conectados y revisado que nos dé los voltajes necesarios, se procedió al arranque de la máquina. **Figura 148.**

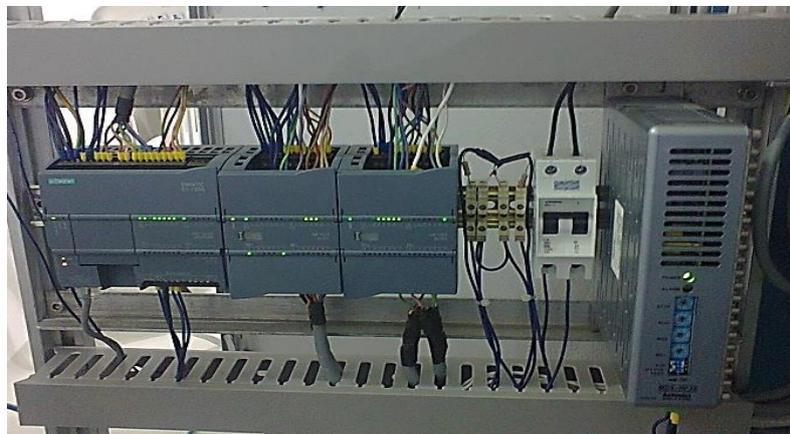


Figura 148. Arranque del PLC y del driver.

4.7.6. Pruebas de hardware

La **Figura 149** muestra el diagrama de control del motor a pasos, donde el autómatas mediante pulsos de alta precisión que son entregados por un driver permite el posicionamiento y sentido de giro preciso.

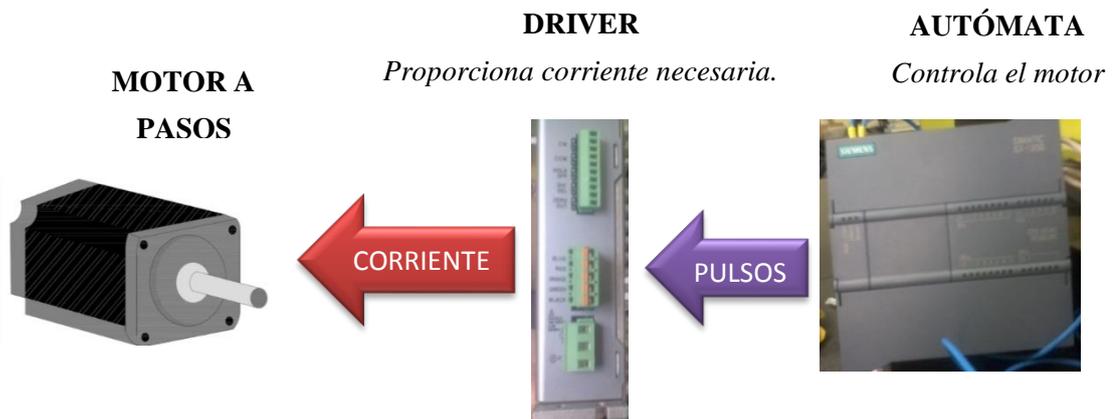


Figura 149. Sistema de control del motor a pasos.

Para el funcionamiento del motor a pasos se utilizó un driver, el mismo que proporcionó la cantidad necesaria de pulsos para que pueda dosificar los blísters. La **Tabla 18** muestra los datos técnicos como a que voltaje se debe conectar el driver, la frecuencia de trabajo, etc.

Tabla 18. Datos técnicos del driver. [34]

Model		MD5-HF28
Power supply		100-220VAC 50/60Hz
Allowable voltage range		± 10 % of rated voltage
Power consumption (1)		5a (max.)
Run current (2)		1 · 2,8 a/phase
Drive method		Bipolar constant current pentagon drive
Resolution		1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 200, 250 division
Input pulse spec.	Pulse switch	Min. 0,25 µs (duty max. 50%)
	Pulse intervalo	
	Rising/falling time	Max. 1 µs
	Pulse input voltage	[H] 4-8 VDC, [I] 0-0,5 VDC
	Max. Input pulse Frequency (3)	Max. 500 kbps
Ambient temperature		0 - 40° c
Ambient humidity		35 - 85 % RH
Unit wight		Approx. 1 kg.

La **Figura 150** muestra el código de colores para la conexión del motor a pasos con el driver.

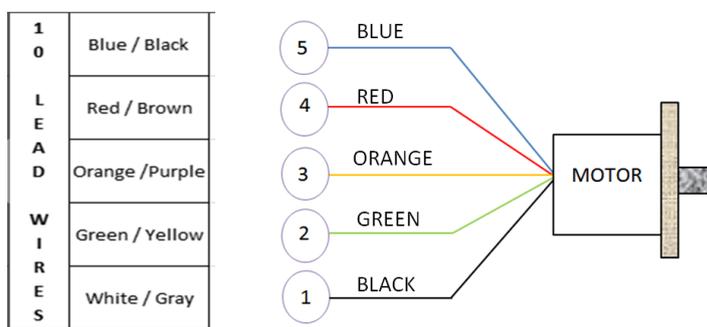
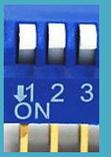


Figura 150. Conexión del motor a pasos con el driver.

En la **Tabla 18**, muestra las diferentes opciones que posee para el funcionamiento del driver y para este proceso de empaquetado se seleccionó del switch la opción 2, que indica que en la entrada CW ingresa el pulso de la señal y la entrada CCW da el giro de la señal.

Tabla 19. Datos para la selección del funcionamiento del driver. [34]

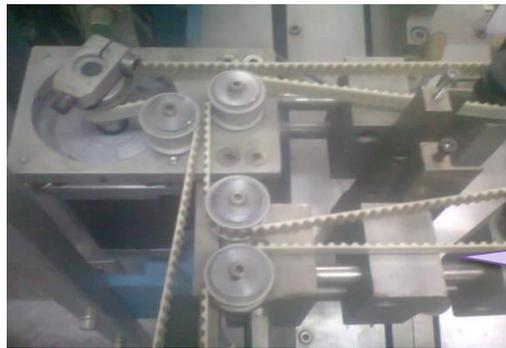
	N°	NAME	FUNCTION	SWITCH POSITION	
				ON	OFF
	1	Test	Self diagnosis function	250 pps	_____
	2	2/1 CLK	Pulse input method	1 Pulse	2 Pulse input
	3	C/D	Auto Current Down	_____	Use

Con estos parámetros configurados en el driver. Se hizo las pruebas de funcionamiento del motor a pasos junto con el driver antes de que se coloque estos dispositivos en la máquina. **Figura 151.**



Figura 151. Control del motor a pasos.

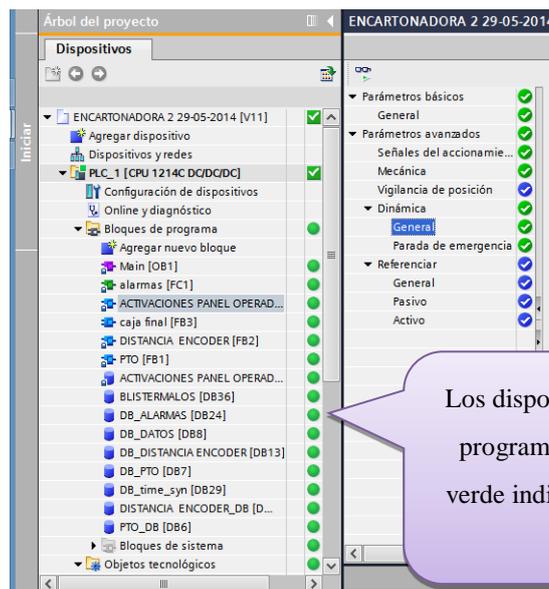
Se ajustó las correas dentadas para el motor a pasos. **Figura 152.**



Correas dentadas ayuda al movimiento del motor a pasos

Figura 152. Activación del motor a pasos.

Con la conexión "*online*" entre PLC y PC, se hayan transferido correctamente la programación. La **Figura 153** muestra la ventana del Tia Portal *online* y se visualiza unos vistos verdes que indican que la conexión y configuración del proceso se encuentra bien.



Los dispositivos y los bloques del programa se tornan de un color verde indican que la transferencia esta OK

Figura 153. Conexión online PLC y PC.

Se verificó el estado de funcionamiento del objeto tecnológico creado para la salida de tren de pulsos, con la conexión *online* del PLC. La **Figura 154** muestra los datos para el accionamiento como si el eje está habilitado y referenciado, y que el accionamiento está listo para su arranque. Todos estos datos se tornan de color verde indicando que está bien la conexión.

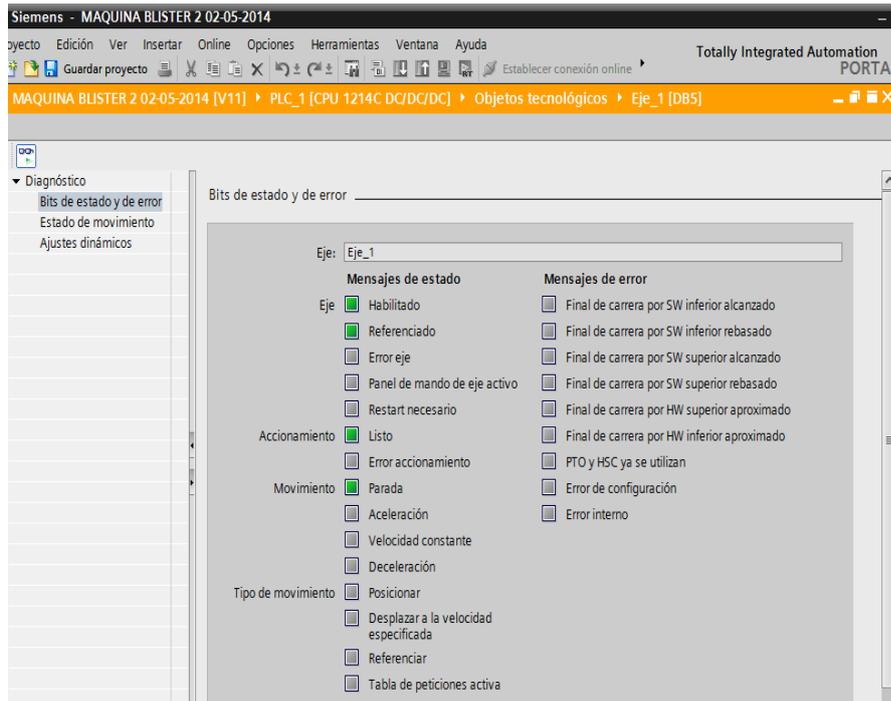


Figura 154. Funcionamiento del objeto tecnológico.

Con el arranque de la máquina, se revisó la configuración del Motion Control “MC_POWER”. La **Figura 155** muestra la activación *enable* del objeto en TRUE e indica que se está habilitando el eje. Con *Stop Mode en 0* que es parada de emergencia si existe una demanda de bloqueo en el eje. La opción *Status* y *Busy* habilita el eje, el estado cambia a TRUE cuando se produce la señal y el accionamiento está listo para usarse. Y por último la variable *error* debe estar desactivada.

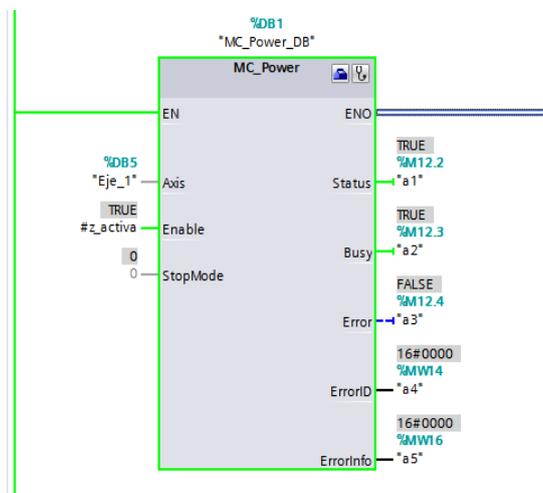


Figura 155. Activación MC_Power.

Se revisó la configuración del Motion Control “MC_RESET”. La **Figura 156** muestra la activación *enable* del objeto. Y a sus salidas no presenta ningún error, lo que significa que está listo para su arranque.

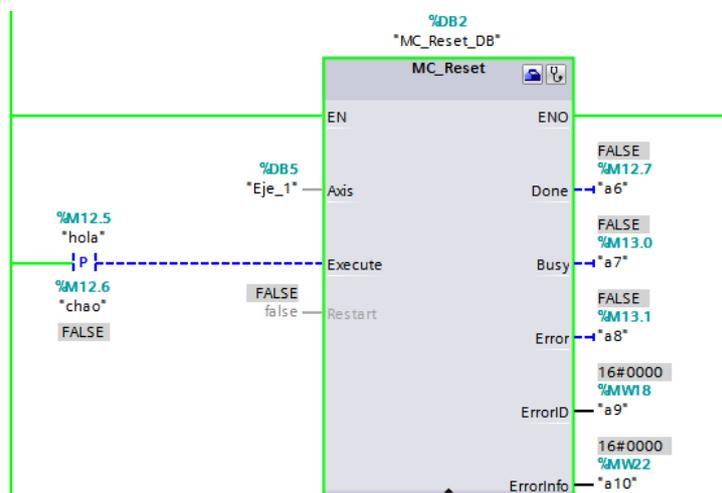


Figura 156. Activación MC_Reset.

La **Figura 157** muestra la activación *enable* del Motion Control “MC_MOVE ABSOLUTE”. Que indica que se está habilitando el eje. Y que para referenciar el eje se encuentra especificada la posición y la velocidad a la que tiene que moverse el eje. Y por último la variable *error* debe estar desactivada.

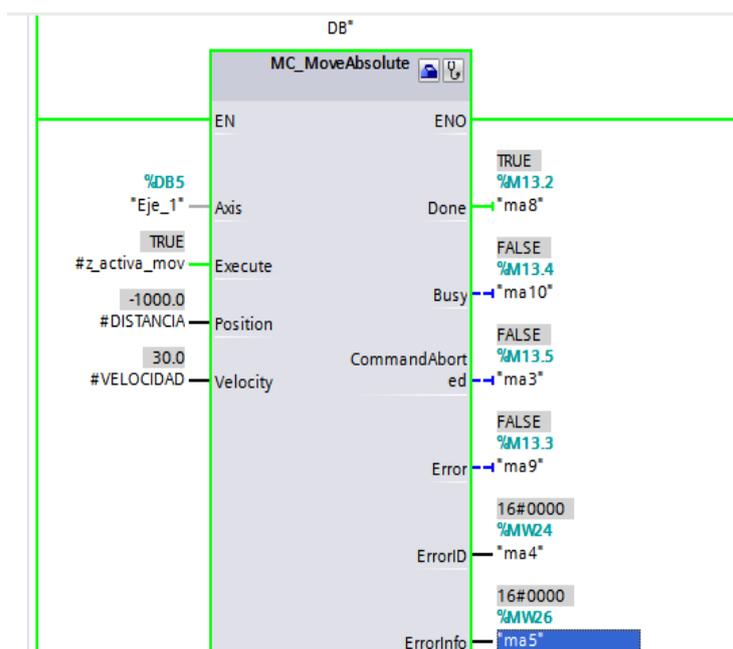


Figura 157. Activación MC_MoveAbsolute.

Para terminar el “MC_HOME” de Motion Control se comprobó su habilitación. La **Figura 158** muestra los datos para el accionamiento y no existe ningún inconveniente en la conexión.

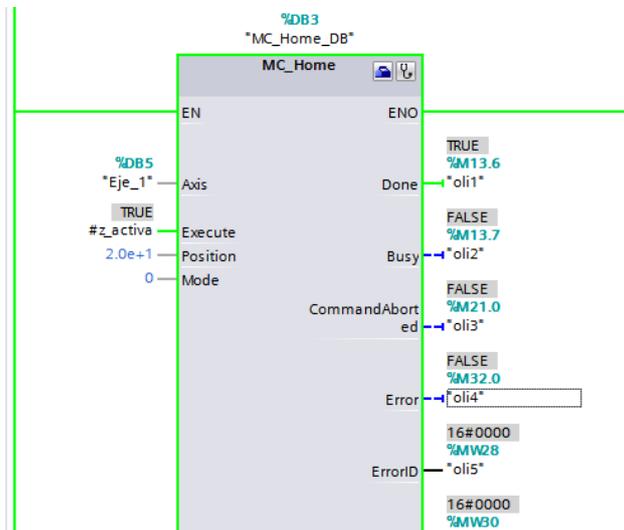


Figura 158. Activación MC_Home.

4.7.7. Verificación de accionamiento de las opciones del panel operador

Con el arranque de la máquina se verificó que se enciendan todas las luces del panel de operador cuando existen errores en la producción. **Figura 159.**



Figura 159. Activación del panel de operador.

El panel de operador posee varios accionamientos que habilita y deshabilita el funcionamiento de la máquina, la **Figura 160** muestra los botones y selectores para el arranque de la máquina.



Figura 160. Panel de operador.

1. SELECTOR ACTIVACIÓN DE FOLLETO

0: sin folleto

1: con folleto

2. EXPULSAR FALLAS

0: sin cartón

1: con cartón

3. SELECTOR DE LA BOMBA DE VACÍO

(En posición ON) → Bomba de vacío funciona.

4. BOTÓN RESETEO

(Botón Apretado) → Anulación de los inconvenientes

5. ACTIVA TIEMPO PROCESO SIN CARTÓN

0: desactiva tiempo y no para proceso

1: activa tiempo para parar el proceso

6. ACTIVACIÓN DE BLÍSTER

0: sin blíster o posición de arranque

I: con blíster

7. PULSADOR DISMINUIR VELOCIDAD

Disminuye la velocidad del proceso de la máquina.

8. SELECTOR MODO DE PROCESO

I: Inching (Activa máquina con pulsador).

II: Producción (Operación Normal).

9. PULSADOR ILUMINADO START (*Arranque sistema*)

Botón para arrancar la máquina (*luz indica que se inició el proceso*).

10. PULSADOR AUMENTAR VELOCIDAD

Aumenta la velocidad del proceso de la máquina.

11. SELECTOR ACTIVA SELECCIÓN DE GUARDAS

Ayuda a tener cerrada las puertas

12. PULSADOR ILUMINADO STOP

Botón para parar la máquina (*luz indica que finalizó el proceso*).

13. PARO DE EMERGENCIA

Si existe alguna anomalía en el proceso de empaquetado.

4.7.8. Secuencia para arrancar la máquina en modo producción

La **Figura 161** muestra el panel de operador, y se debe seguir algunos pasos para el arranque y funcionamiento de la máquina.

1. En la pantalla principal se ingresa el número de blíster que se desea colocar en cada caja.
2. Colocar el *selector #9 MODO DE PROCESO* en la opción producción
3. Arrancar la bomba de vacío *selector #3*.
4. Ubicar el *selector #6 ACTIVACIÓN DE BLÍSTER* en '1' para activar la salida del blíster.
5. Poner el *selector #2* en '1' para activar la toma de cajas.
6. Presionar **START selector #9** para el arranque de la máquina.
7. Para aumentar la velocidad de la máquina o disminución de la misma se puede presionar los *selectores #4* o *#10* respectivamente.
8. En caso de que se desee parar la máquina se puede presionar **STOP** que es *selector #12* o activar el paro de Emergencia con el *selector #13*.



Figura 161. Arranque del panel de operador.

4.7.9. Pruebas de dosificación de blísters.

Se verificó que el sensor PNP detecte la presencia de las placas de la cadena de producto, y que cada vez que se accione la entrada I5.6 del PLC, active las Salidas Q0.0 y Q0.1 para el movimiento del motor a pasos y con cada vuelta dada va a dosificar el blíster. **Figura 162.**



Figura 162. Prueba de dosificación de blíster.

4.7.10. Pruebas Neumáticas.

Se probaron los accionamientos de las electroválvulas para el control de toma de cajas y para expulsión de cajas cuando el blíster no ingresa a la caja. **Figura 163.**



Figura 163. Pruebas neumáticas.

4.7.11. Pruebas de servidor web.

El servidor web permitió al establecimiento tener un acceso a toda la información del proceso de empaquetado en tiempo real, permitiendo al usuario conocer el estado de sensores, electroválvulas, etc., para así saber el estado de la máquina. Con la ayuda de un switch conectado a los dispositivos. Se ingresó desde la PC a la página web ya configurada. **Figura 164.**



Figura 164. Conexión entre los dispositivos para el ingreso al servidor.

Para el ingreso a la página web se escribe la dirección IP del autómata, donde se visualiza la interfaz del S7-1200. Con la selección de la “*variable status*”, se ingresa el dato *I2.3* a verificar y en la opción “Monitor value” se visualiza que la variable se encuentra activada. **Figura 165.**

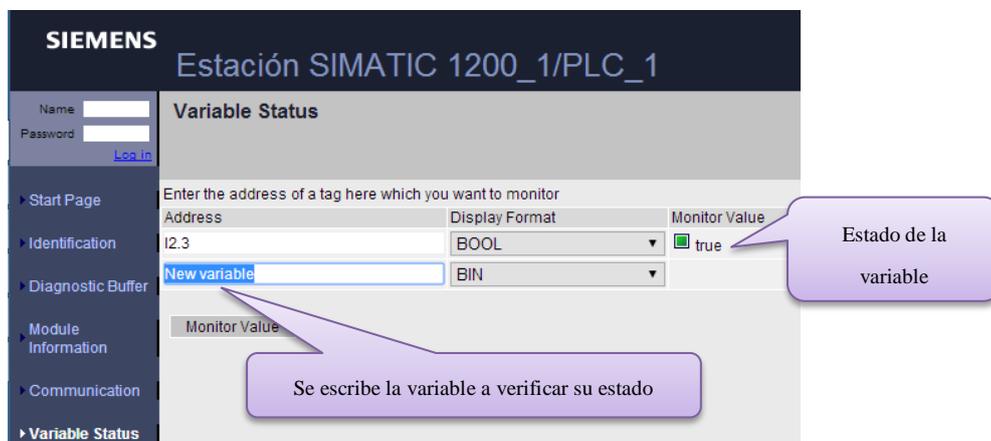


Figura 165. Verificación del estado de las variables.

4.7.12. Pruebas de pantalla

Se suministró desde la fuente de alimentación de 24 VDC a la HMI y se realizó las pruebas de la interfaz. Durante el proceso de arranque aparece una ventana del control de panel aquí se definió la dirección IP para la HMI. **Figura 166.**

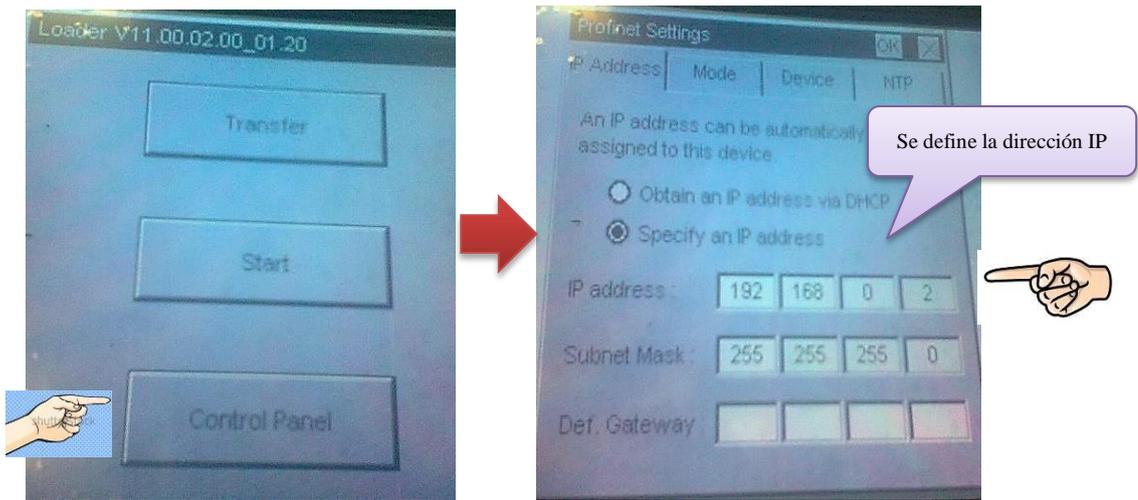


Figura 166. Configuración de la IP en la HMI.

Una vez definida la dirección IP de la pantalla, se estableció conexión PC - HMI mediante cable y se transfirió la programación a la HMI. **Figura 167.**

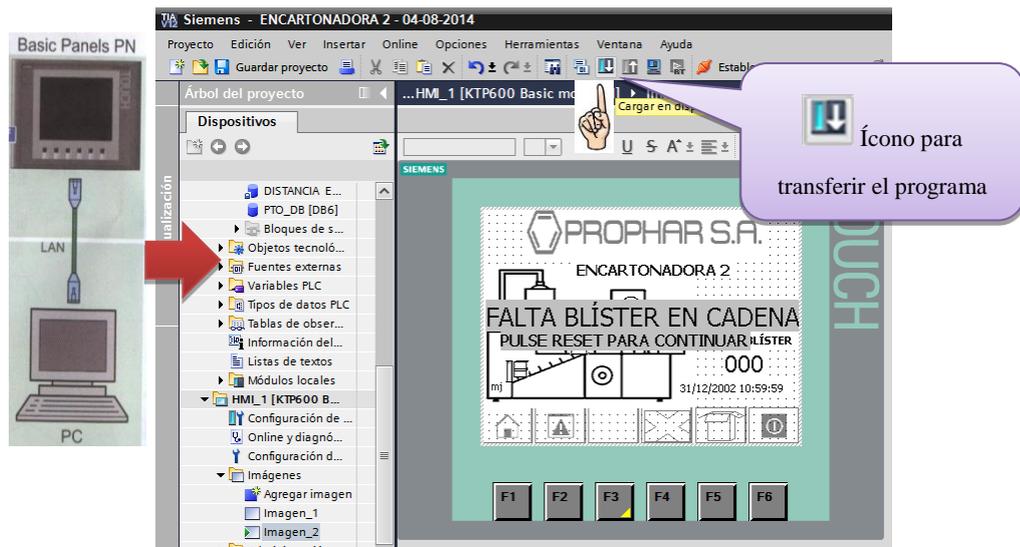


Figura 167. Ícono de carga del programa a la HMI.

En la ventana de transferencia del programa aparece la conexión entre PC y la HMI en verde indicando que se estableció conexión. Simultáneamente en la HMI pulsamos la opción “TRANSFER” y en el programa damos clic en cargar. **Figura 168.**

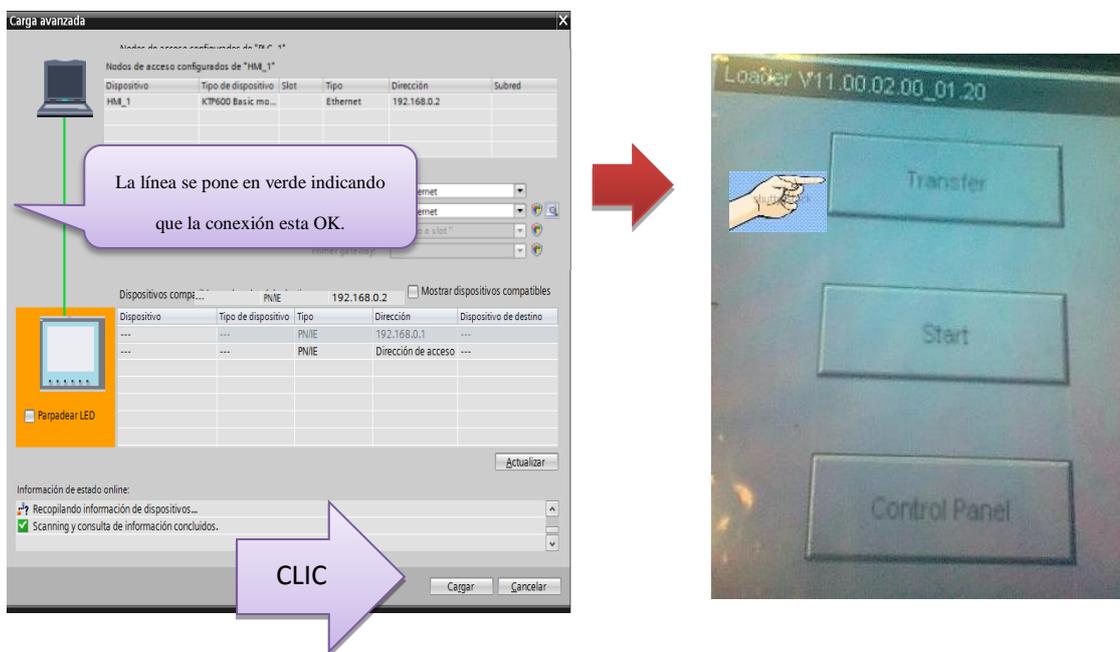


Figura 168. Carga del programa a la HMI.

Con el programa ya transferido a la HMI se visualiza la pantalla principal el proceso, y el operador puede acceder al proceso de dosificación de blisters. Logrando tener un control de principio a fin permitiendo un buen empaquetado de blisters. **Figura 169.**



Figura 169. Visualización de la programación de la HMI.

Se pudo visualizar la interfaz configurada como: el nombre de la máquina, el ángulo del encoder, la opción para ingresar el número de blísters. **Figura 170.**



Figura 170. Pantalla principal.

4.7.13. Pruebas de alarmas

La opción de alarmas brinda al operador de la máquina una vista única de mensajes de error. Estos son textos más descriptivos que se visualizan cuando falla el motor principal, sobrecargas, paros de emergencia, etc. Esto le ayuda al operador a identificar cuando y en donde esta ocurriendo el problema para solucionarlo rápidamente, existen algunos textos que se visualizaran en la ventana como:

- Sobrecarga del motor principal.
- Sobrecarga del producto en ejecución.
- Sobrecarga cartón.
- Falta presión de aire.
- Nivel inferior de blísters.
- Puertas abiertas.
- Nivel inferior de cartón.
- Proceso sin caja retirar blísters de la cadena.
- Paro de emergencia.
- Falta blíster en la cadena.

Se revisó estas alarmas y en la pantalla se visualizó un símbolo de advertencia, esto indica que hay errores. Se debe presionar sobre este ícono para que aparezca la ventana de alarmas, en donde se muestra la fecha, la hora y el error del proceso. Una vez que el operador haya solucionado estos errores automáticamente se borra el mensaje de la máquina. **Figura 171.**



Figura 171. Visualización de los mensajes de error.

4.7.14. Resultados

Finalmente implementado el sistema, se realizaron pruebas de los tiempos de empaquetado de blísters tanto de forma manual como en automático, ambas se realizan en dos escenarios y se comprobó que con esta automatización existe un aumento en la producción.

Resultado 1:

En el empaquetado de forma manual tres operarios realizan este proceso, donde se les entrega una gaveta llena de blísters y cajas. Cada persona debe armar la caja, ingresar el blíster y sellarla, en la **Tabla 19**, se visualiza los resultados del empaquetado en un tiempo de dos horas, realizadas en tres días, cuya producción es de un promedio de 1100 cajas por día.

Tabla 20. Resultados en la producción manual.

FECHA	HORA	PRODUCCIÓN
15/09/2014	2H.	1000 Cajas
16/09/2014	2H.	1200 Cajas
17/09/2014	2H.	1100 Cajas

Resultado 2:

Con la máquina a baja velocidad, se cronometró el tiempo de dos segundos que se demora una caja en salir, si la máquina trabaja dos horas se obtiene un total de 3600 cajas que va a empaquetar.

Tabla 21. Resultados en la producción automatizada.

FECHA	HORA	PRODUCCIÓN
15/09/2014	2 H.	3600 Cajas
16/09/2014	2 H.	3580 Cajas
17/09/2014	2 H.	3595 Cajas

La **Figura 172** muestra que al final se cumplió con todas las necesidades de automatización, desempeñando los requerimientos del usuario, mejorando la calidad del producto y obteniendo un excelente empaquetado de blísters. Se disminuyó los tiempos del proceso, dando como resultado un aumento notable casi del 300% en la producción, en comparación al proceso manual.

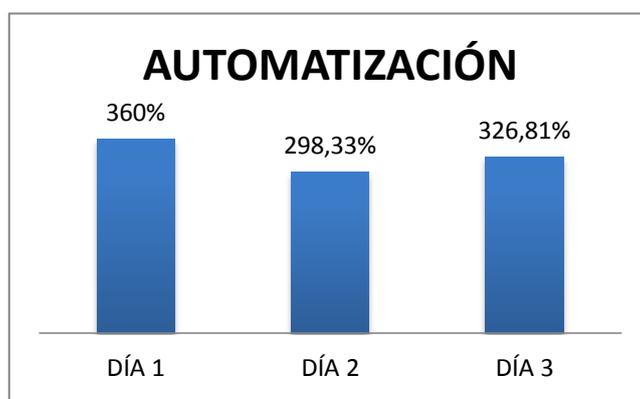


Figura 172. Porcentaje de mejora del producto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la finalización de la automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de blísters en la farmacéutica PROPHAR, se obtuvieron las siguientes conclusiones y recomendaciones.

5.1. Conclusiones.

- En la actualidad las empresas necesitan de sistemas automatizados que ayuden a innovar y mantener una mejora en sus procesos, por tal razón PROPHAR vio la necesidad de automatizar el sistema de control de empaquetado de blísters, para optimizar sus procesos e incrementar la producción, ya que esta empresa tiene una creciente demanda y quiere expandirse.
- El proyecto de automatización de la encartonadora de blísters fue analizado y desarrollado, cumpliendo con los objetivos planteados en la presente investigación.
- Se optimizó recursos gracias a la ayuda del software TIA Portal porque posee una tecnología de interfaz sencilla y eficiente, que permitió programar y configurar el HMI y el PLC gracias a sus herramientas y funciones fáciles de utilizar.

- Se reemplazó el autómata de la máquina empaquetadora por el S7-1214 DC/DC/DC de la familia de SIEMENS, este dispositivo es inteligente y permitió controlar al sistema en su totalidad, permitiendo así una buena dosificación de blíster gracias a su diseño escalable y flexible.
- Se concluyó que con las salidas de alta velocidad que posee el autómata se pudo controlar el movimiento del motor a pasos, que proporcionando una serie de impulsos y estos a su vez puestos en un generador de pulsos (driver), permiten al operador seleccionar los datos de operación y automáticamente se pone las entradas del comando en acción, logrando tener un correcto empaquetado.
- Los resultados obtenidos en la programación de la HMI tras realizar las pruebas pertinentes del sistema fueron positivas ya que existió una buena interacción entre hombre – máquina, gracias a su sencilla interfaz, el operador pudo comprobar que todas las funciones implementadas trabajan bien y que a la vez se visualicen por medio de mensajes las alarmas que indican cual es el estado de funcionamiento de la máquina, para así buscar una solución rápida y para continuar con el proceso de empaquetado.
- Con esta automatización se logró mejorar la calidad en el control del sistema de empaquetado, es decir se tuvo una buena dosificación de blísters y con las herramientas necesarias de programación se pudo controlar la toma de cajas optimizando el proceso e incrementando la producción por día, haciendo que el control de empaquetado de blísters sea más seguro.
- Se disminuyó los tiempos de empaquetado con este nuevo sistema de control de la máquina encartonadora, haciendo posible que la máquina pueda empaquetar hasta 20 cajas por minuto, lo que una persona sería incapaz de realizarlo, logrando aumentar la producción.
- El operador no necesita estar presente en el proceso y puede acceder y verificar cual es el estado de la máquina, gracias al servidor web que se implementó en este proyecto, permitiendo disminuir los tiempos de revisiones.

5.2. Recomendaciones.

- En el momento de la instalación de los dispositivos, tener cuidado y separar los cables de alimentación con los de comunicación para evitar el ruido y que esto no afecte la comunicación entre equipos.
- Tener cuidado cuando se haga mantenimiento de juntar estos cables porque podría causar daños a los equipos, puesto que al momento de cambiar las señales del PLC antiguo al nuevo, quedaron algunos cables sin conectar y estos fueron recubiertos por un aislante para que no haga contacto con ningún mecanismo de la máquina
- Antes de iniciar la producción se recomienda que la persona encargada del mantenimiento de la máquina examine que todas las puertas de la encartonadora se encuentren cerradas para que no exista atrapamiento, además que revise la HMI y que los contadores de las cajas ese encuentren en cero, para así conocer al final del día cuantas cajas se empaquetaron.
- Si la empresa consigue las piezas necesarias para que se aumente el mecanismo de ingreso de recetas en cada caja, se queda configurado y programado todo este proceso solo se tiene que revisar los planos e instalar en las entradas especificadas de los planos.
- Dar una capacitación al personal encargado de la máquina, para que conozca cómo funciona y cuáles son los accionamientos que tiene que presionar para el funcionamiento de la encartonadora, para que un futuro no exista inconvenientes de mal manejo, así como se dio al personal existente.

Bibliografía

- [1] FREIRE I., Daniel, "Sistema de Automatización de las E/S de tensión para optimizar los servicios de las Subestaciones de la Corporación Nacional de Electricidad Regional Bolívar", Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, Ecuador 2012, HMI, pp 98, [Online]. Disponible en: http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/2383/1/Tesis_t733ec.pdf.
- [2] LAINES D., Mauricio, GRANDA M., Carlos, "Diseño, programación e implementación de un sistema de comunicación de redes de campo en el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad de Cuenca", Escuela de Ingeniería Eléctrica, Ecuador 2013, Conclusiones Generales, pp 146, [Online]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/670>.
- [3] PADILLA P., Juan, "Elaboración de un módulo para laboratorio con control lógico programable y simulación del proceso de control hormigonado para prefabricados", Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Mecánica, Ecuador 2011, PLC S7-1200, pp 36, [Online]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2980/1/25T00188.pdf>.
- [4] HUAMANTICO L., Eduardo., "Verificación del sistema de empaquetado de cápsulas y pastillas en planchas tipo blisters, por medio del análisis de imágenes", Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Perú 2009, Proceso de verificación por medio del análisis visual, pp 17, [Online]. Disponible en: <http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/123456789/705>.
- [5] FARRERAS M., Joan "Control del proceso en una farmacéutica", Escuela Politécnica UDG, Departamento de Eléctrica, Informático y Automática, Girona 2007, Máquina Emblistadora, pp 10, [Online]. Disponible en: <http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/4365/2Memoria.pdf?sequence=2>.

- [6] GUERRERO C., Darío " Diseño e implementación de un sistema automatizado para una máquina convertidora de papel higiénico en la empresa Absorpelsa", ESPE Universidad de las Fuerzas Armadas sede Sangolquí, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Ecuador 2013, Nomenclatura de elementos Ocupados, pp 25, [Online]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7395>.
- [7] LÓPEZ Luis, Material de empaque farmacéutico, 2012. [Online]. Disponible en: https://www.academia.edu/4690429/material_de_empaque_farmaceutico.
- [8] SCHNEIDER, "Sistema de automatización de procesos", Revista Schneider, México 2008. [Online]. Disponible en: https://www.schneider-electric.com.mx/documents/solutions/solution/PLANTSTRUXURE_SCHC208.pdf
- [9] PIZARRO V., Francisco., "Automatización de máquinas empaquetadoras mediante la utilización de controladores lógicos programables", Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Ecuador 2010, Contador Rápido, pp 71, [Online]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19383>
- [10] PONSA A., Pere y VILLANOVA A., Ramón, "Automatización de procesos mediante la guía GEMMA", Barcelona: Ediciones UPC, 2005.
- [11] RODRÍGUEZ Aquilino, "Comunicaciones Industriales", Baecelona: Marcombo, 2008.
- [12] CREUS Antonio, Instrumentación Industrial, México: Algaomega, 2010.
- [13] MANDADO Enrique, Autómatas Programables, España: Marcombo, 2009.
- [14] HYDE John, REGUÉ Josep y CUSPINERA Albert, "Control Electronuemático y Electrónico", Barcelona: Marcombo, 1997.

- [15] BALCELLS Josep y ROMERAL José. “Autómatas Programables”, Barcelona: Marcombo, 1997.
- [16] ZAMARREÑO C., Jesús, “Sensores”, Universidad de Valladolid, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, España 2012. [Online]. Disponible en: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>.
- [17] SOLBES M., Raúl, “Automatismos Industriales (Contenidos conceptuales y procedimentales) Instalaciones Eléctricas y Automáticas”, Valencia: Nau LLibres, 2010.
- [18] SERNA R., Antonio, ROS G., Francisco y RICO N., Juan, “Guía Práctica de Sensores”, España: Creaciones Copyright SL, 2010.
- [19] MARTÍN C., Juan y GARCÍA G., María, “Autómatas Industriales (Electricidad y Electrónica)”, México, Editex, 2010.
- [20] BOLTON, William, “Mecatrónica sistemas de control eléctrico en ingeniería mecánica y eléctrica”, México: Marcombo, 2001.
- [21] HARPER, Enríquez, Fundamentos de Control de Motores Eléctricos en la Industria, España, Limusa Noriega Editores, 2004
- [22] Anónimo, “Introducción a la HMI”, Universidad Nacional de Quilmes, Ingeniería en Automatización y Control Industrial, Argentina 2012, Funciones de la Interfaz Hombre Máquina, pp. 2. [Online]. Disponible en: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
- [23] GONZÁLEZ S., Victor, “Introducción HMI”, Universidad de Oviedo, Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, España. Panel de Operador Táctil, pp 7, [Online]. Disponible en: <http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Introduccion%20SCADAS%20y%20HMI.pdf>
- [24] SIEMENS, “Simatic STEP 7 Basic (TIA PORTAL)” [Online]. Disponible en: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/controller-sw-tia->

portal/simatic-step7-basic-tia-portal/Pages/Default.aspx

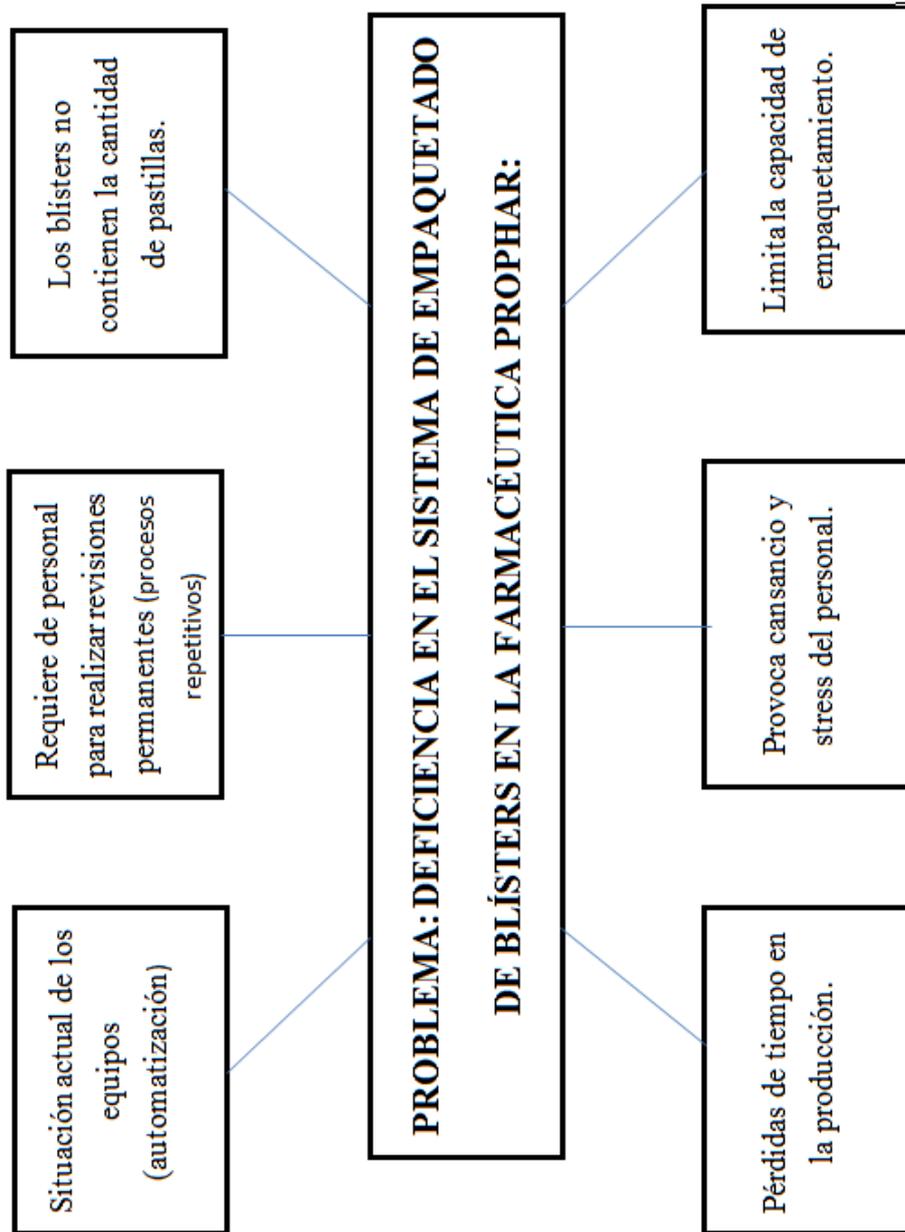
- [25] RUÍZ R., Paola, “Sistemas de Empaque y Embalaje: Para la Protección Eficaz de su Producto”, Gráfico de empaquetado pp 1, [Online]. Disponible en: http://www.revista-mm.com/ediciones/rev70/maquinaria_empaques.pdf
- [26] VELÁSQUEZ, Janeth. “Importancia del Empaque y Embalaje de Exportación”, Revistas Packaging, Funciones del empaque. [Online]. Disponible en: <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/64578-importancia-del-empaque-y-embalaje-exportacion>
- [27] Anónimo, “Empaque y Materiales de Empaque”, Organización de las naciones unidas de Alimentación y la agricultura, Ejemplo de empaquetado, capítulo 4, [Online]. Disponible en: <http://www.fao.org/wairdocs/x5403s/x5403s07.htm>
- [28] UHLMANN, “Manual de la máquina UHLMAN C100 PAC SYSTEM” Alemania
- [29] SIEMENS, “Manual del Sistema SIMATIC S7 Controlador Programable s7-1200”, Industry Automation, España, [Online]. Disponible en: <http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- [30] Anónimo, “Encoder Incremental descripción general”, Universidad Interamericana de Puerto Rico, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Puerto Rico, Representación de las señales incrementales A, B y Z en disco óptico, pp 1, [Online]. Disponible en: <http://facultad.bayamon.inter.edu/arincon/encoderincrementales.pdf>
- [31] SIEMENS, “Manual de Usuario HMI”, Industry Automation, KTP 600, pp 13, [Online]. Disponible en: http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/systemy_pro_ovladani_a_vizualizaci/standardni_panely/basic_panely/_manual_y/opi_basic-panels_2009-01_en.pdf
- [32] MARTÍN C., Juan y ALBA C., José, “Infraestructuras Comunes de

Telecomunicación en viviendas y edificios”, Editex, 2010.

- [33] SIEMENS, “Manual de Sistema SIMATIC, PROFINET descripción del sistema”, Industry Automation, Especificación Técnica de la Interfaz Profinet, pp 21, [Online]. Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/127/19292127/att_69564/v1/profinet_system_description_es-ES_es-ES.pdf
- [34] AUTONICS, “Manual de Sistema STEP Motor Driver (2.8 A)” Especificaciones Técnicas, pp 1, [Online]. Disponible en: http://download.autonics.com/upload/data/MD5-HF28_Eng_EP-KE-14-0012B_20101102.pdf

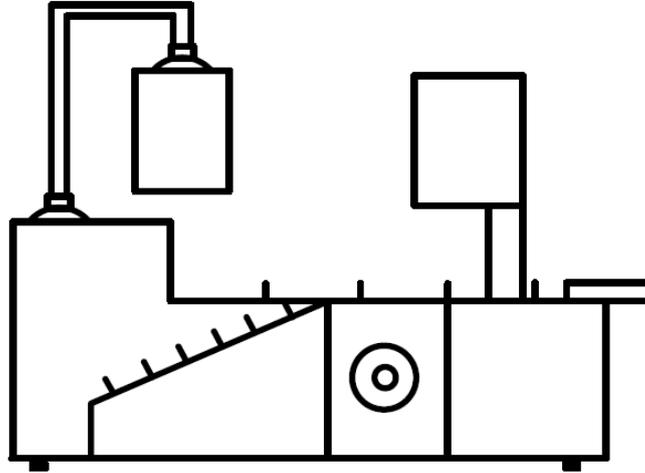
ANEXOS

ÁRBOL DEL PROBLEMA



ANEXO 2

MANUAL DE USUARIO:



AUTOMATIZACIÓN MÁQUINA ULHMANN C100



CLIENTE:

PROPHAR

INTRODUCCIÓN

La automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de blísters en la farmacéutica PROPHAR, encuentra enteramente programada en Step 7 versión 11. El presente manual pretende transmitir la estructura, conceptos e información básica de la operación del Sistema, con la finalidad de que conociendo su funcionamiento los usuarios lo puedan utilizar de manera efectiva.

Por lo mencionado, es de suma importancia leer el manual que se detalla a continuación antes y durante el manejo del sistema, el manual comienza explicando el modo manual de operación, para luego ir explicando uno a uno de las opciones que conforman el Sistema y todas sus funciones.

INFORME DE DISPOSITIVOS CONECTADOS



- Modelo: S7-1200
- Fabricante: SIEMENS
- Entradas: 14 DI 24VDC
- Salidas: 10 DO 24VDC

Figura 1. Diagrama PLC

TOUCH PANEL KTP 600



FIGURA 2. PANTALLA KTP 600

El mono KTP600 Basic está equipada con un 5,7 pulgadas de pantalla STN- que ofrece 4 escalas de grises. Una resolución de 320 x 240 píxeles permite que la representación de las pantallas de explotación menos complejos a un tamaño conveniente. El panel puede ser operado por una pantalla táctil analógica resistiva, posee 6 teclas de función libremente configurables. La HMI es el ideal componente para los pequeños sistemas S7-1200. Se puede configurar con Win CC Basic (TIA Portal).

PROTOCOLO PROFINET ETHERNET TCP/IP

PARA LA COMUNICACIÓN EN LA RED

PROFINET es un estándar de red para la automatización industrial basado en Ethernet abierto. Nace de la unión de los protocolos de PROFIBUS DP, el bus de campo, e Industrial Ethernet, el bus de comunicación.

- Uso de estándares TCP/IP e IT
- Automatización con Ethernet en tiempo real

Integración directa de sistemas con bus de campo PROFINET especifica las funciones para la realización de una solución total de automatización desde la instalación de la red hasta el diagnóstico basado en la web.

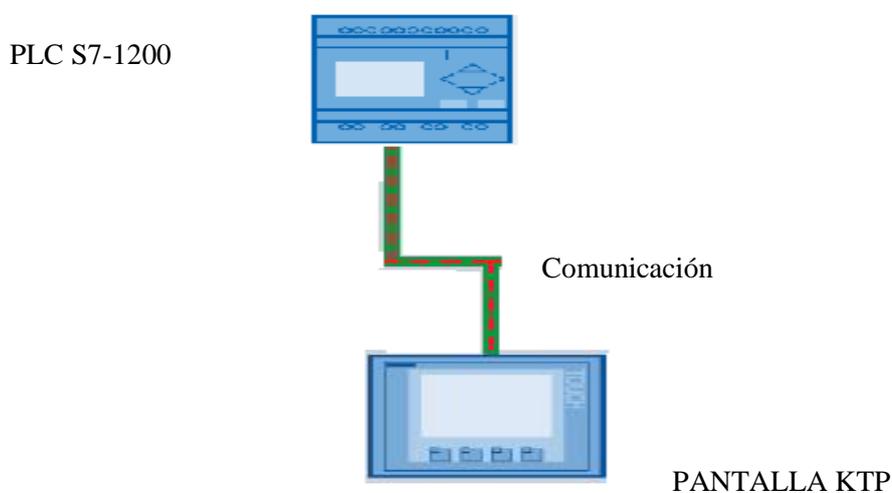


Figura 3. Esquema de Conexión Mediante PROFINET.

DESCRIPCIÓN DE PANTALLA HMI

El presente documento está destinado a las personas encargadas de trabajar con la máquina UHLMANN C100 y se explica paso a paso la configuración de producción para cada trabajo

PANTALLA PRINCIPAL

Al iniciar la aplicación aparece la Figura 4. Proceso General

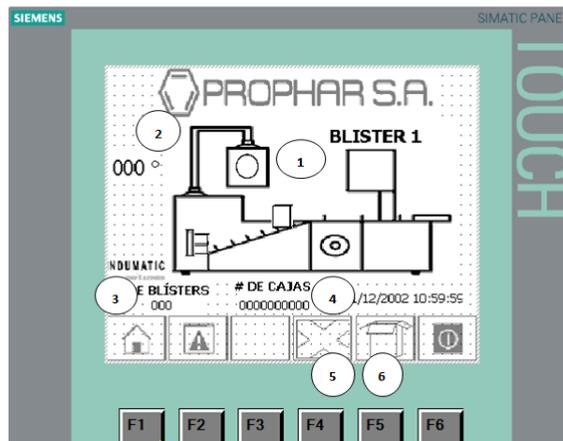


Figura 4.-Proceso General

DESCRIPCIÓN GENERAL DE PANTALLA PRINCIPAL

1. Indicador de que se activó la toma de cajas.
2. Indicador del ángulo del encoder.
3. Ingreso número de Blíster que se desea llenar la caja.
4. Visualización número de cajas terminadas.
5. Reset número de cajas terminadas
6. Activación toma de cajas.

DESCRIPCIÓN DE LA OPCIÓN SIN BLÍSTER

Cuando no exista blíster en la cadena, en la pantalla nos aparecerá un mensaje en letras grandes como se indica en la Figura5, y la máquina se para y para volverla a activar debemos dar un pulso de RESET para continuar.



Figura 5.-Mensaje de activación

ACTIVACIONES MANUALES



Figura 6 –Tablero Control

1. SELECTOR ACTIVACIÓN DE FOLLETO

0: sin folleto

1: con folleto

2. EXPULSAR FALLAS

0: sin cartón

1: con cartón

3. ACTIVA TIEMPO PROCESO SIN CARTÓN

0: desactiva tiempo y no para proceso

1: activa tiempo para parar el proceso

4. ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE VACÍO

(Botón Apretado) → Bomba de vacío funciona.

5. BOTÓN RESETEO

(Botón Apretado) → Anulación de los inconvenientes

6. ACTIVA PISTÓN EXPULSAR CAJAS MALAS

0: pistón desactivado

1: pistón activado

7. ACTIVACIÓN DE BLÍSTER

0: sin blíster o posición de arranque

I: con blíster

8. DISMINUIR VELOCIDAD

9. SELECTOR MODO DE PROCESO

I: Inching (Ajuste por el “pulsador” la máquina trabaja a poca velocidad).

II: Producción (Operación Normal).

10. START (*Arranque sistema*)

Botón para arrancar la máquina (*luz permanente*).

11. AUMENTAR VELOCIDAD

12. ACTIVA SELECCIÓN DE GUARDAS

13. STOP

14. PARO DE EMERGENCIA

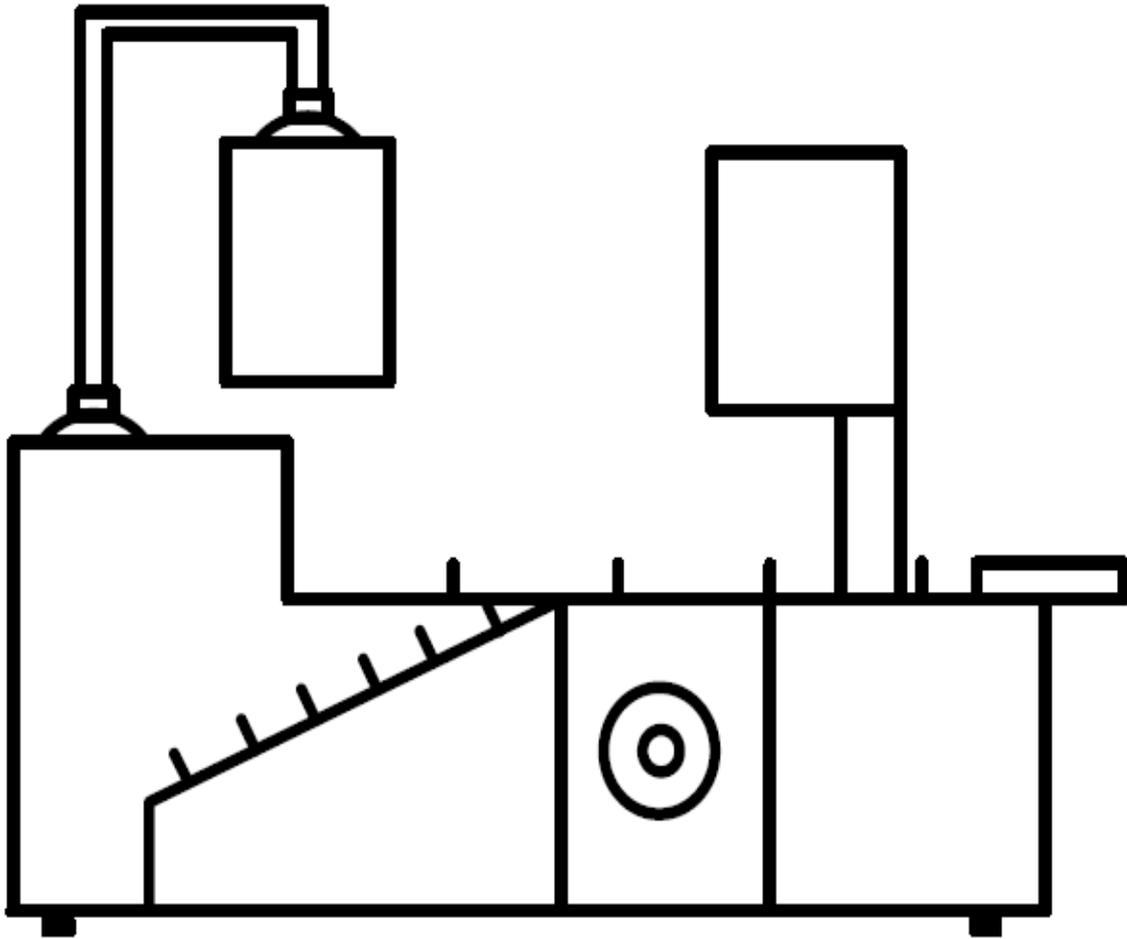
SECUENCIA PARA ARRANCAR LA MÁQUINA EN MODO PRODUCCIÓN

En la pantalla principal se ingresa el número de blíster que se desea colocar en cada caja.

1. Colocar el *selector #9 MODO DE PROCESO* en la opción producción (II).
2. Arrancar la bomba de vacío *selector #4*.
3. Ubicar el *selector #7 ACTIVACIÓN DE BLÍSTER* en '1' para activar la salida del blíster.
4. Poner el *selector #2* en '1' para activar la toma de cajas.
5. Presionar **START selector #10** para el arranque de la máquina.
6. Para aumentar la velocidad de la máquina o disminución de la misma se puede presionar los *selectores #8* o *#11* respectivamente.
7. En caso de que se desee parar la máquina se puede presionar **STOP** que es *selector #13* o activar el paro de Emergencia con el *selector #14*.

ANEXO 3

PLANOS

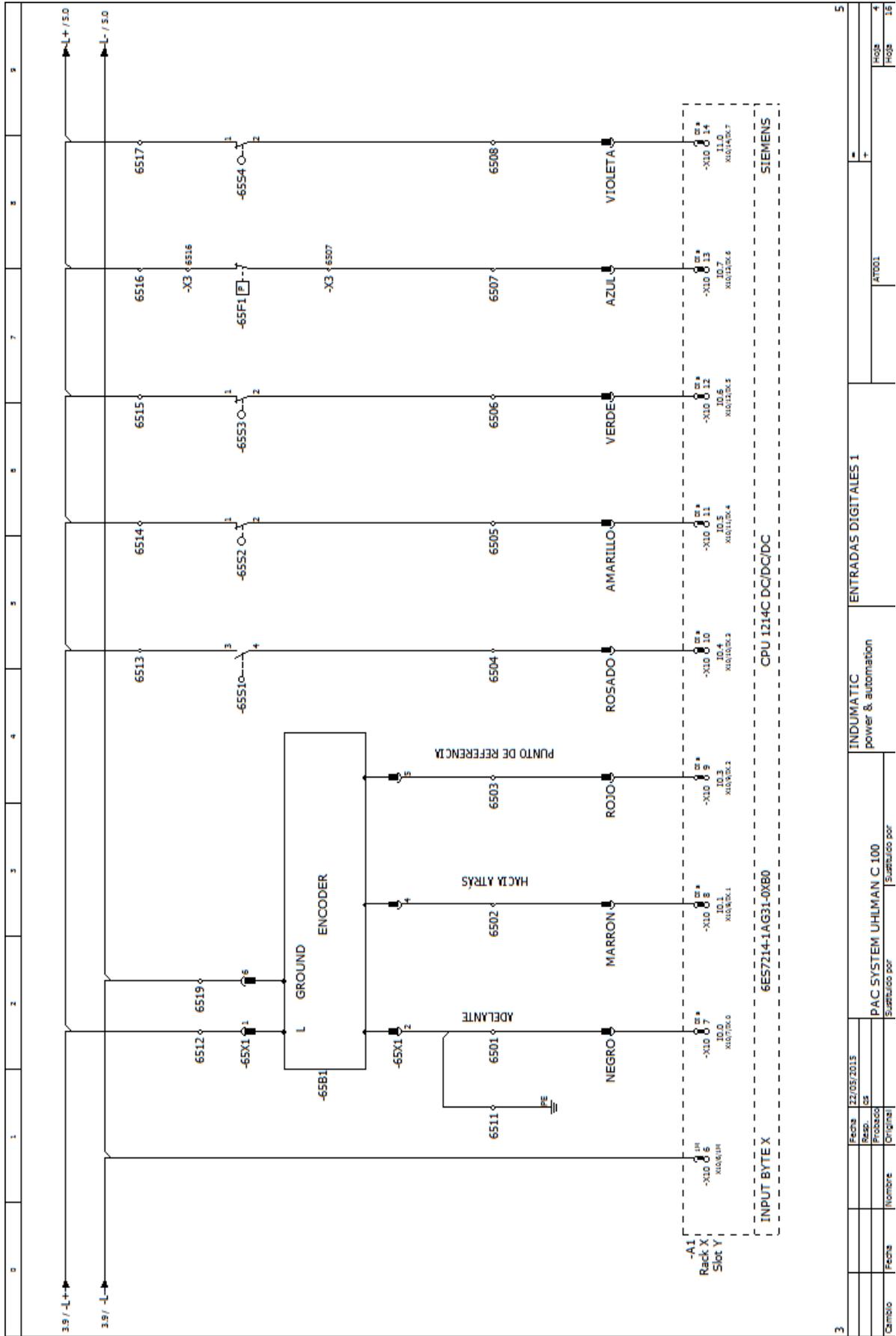


AUTOMATIZACIÓN

MÁQUINA ULHMANN C100

CLIENTE:

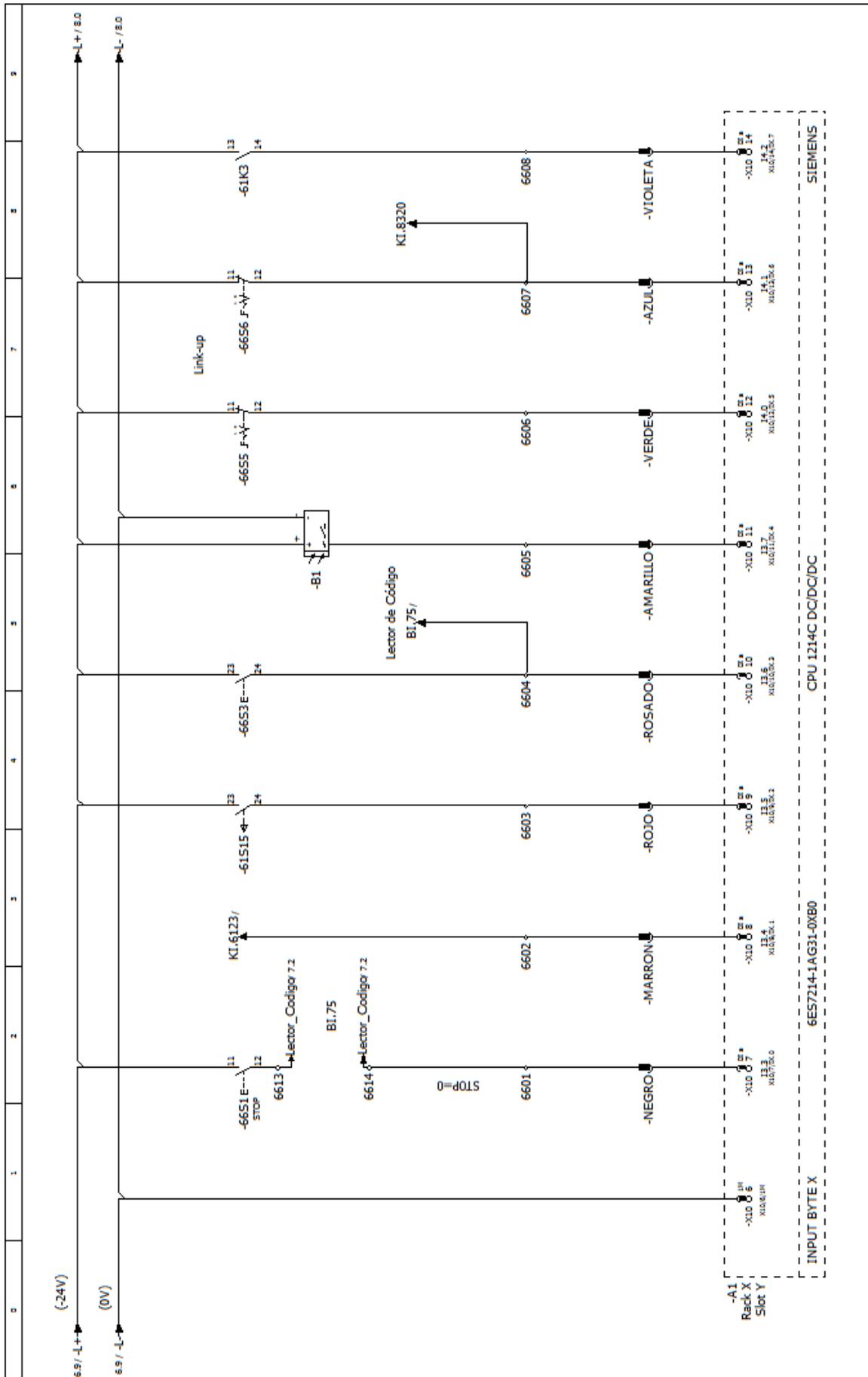
PROPHAR



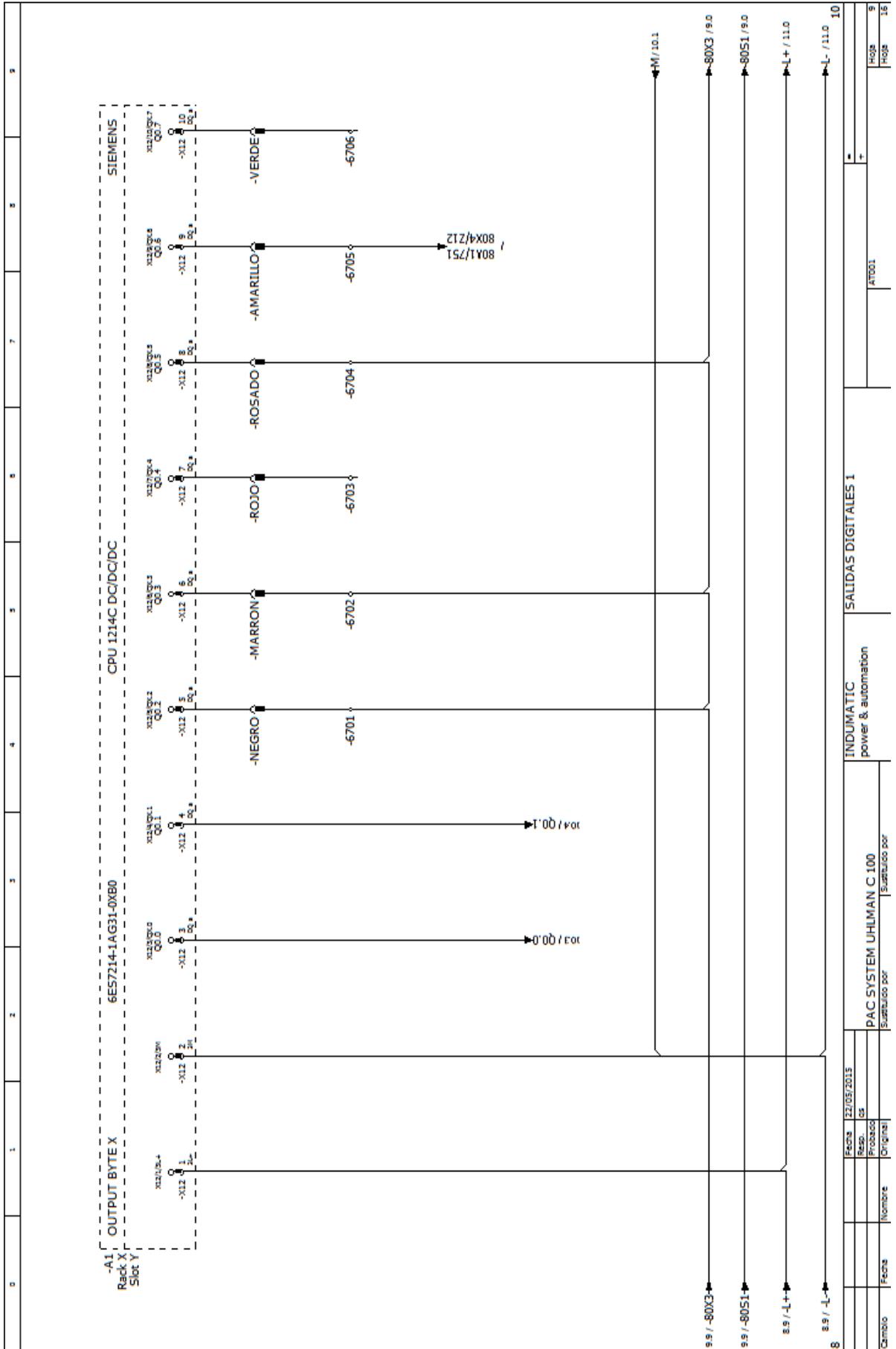
Fecha	22/05/2015
Reso.	CS
Probador	
Original	

INDUMATIC power & automation	ENTRADAS DIGITALES 1
PAC SYSTEM UHLMAN C.100 Sustituido por	
47001	

47001	
47001	
47001	



6	Fecha: 22/05/2015		ENTRADAS DIGITALES 4	
	Revis: 05	INDUMATIC power & automation		
	Proyecto: Original	PAC SYSTEM UHLMAN C. 100		
	Nombre: (Nombre)	Sustituido por:		
	Hoja: 7	AT001		
	Hoja: 16			



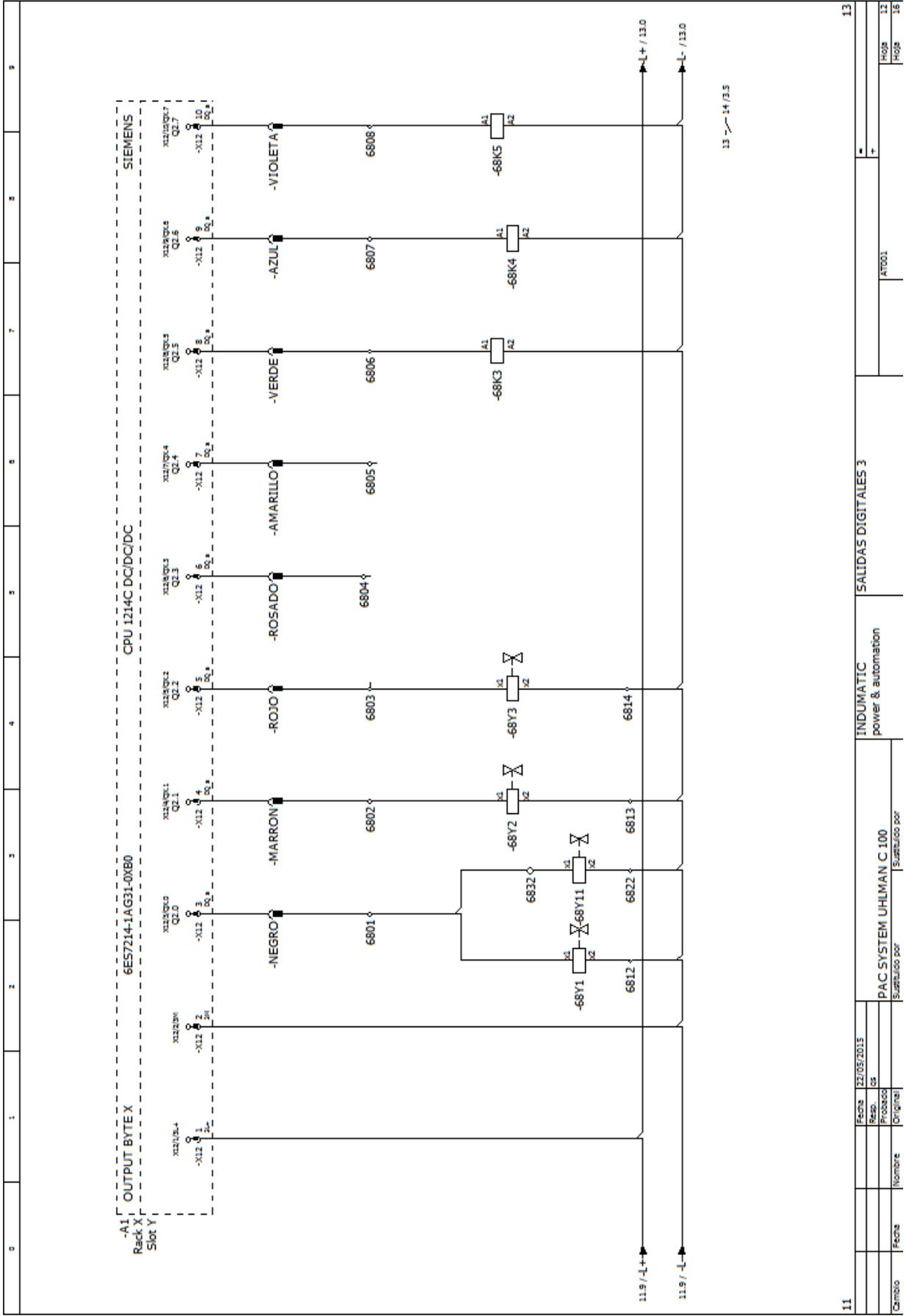
Fecha	Respo	Proceso	Original
22/05/2015	cs		

INDUMATIC
power & automation

PAC SYSTEM UHLMAN C 100
Sustituido por Sustituido por

SALIDAS DIGITALES 1

AT001	H002	H003



11

Fecha	22/05/2015
Resp.	OS
Proceso	
Original	

INDUMATIC
power & automation

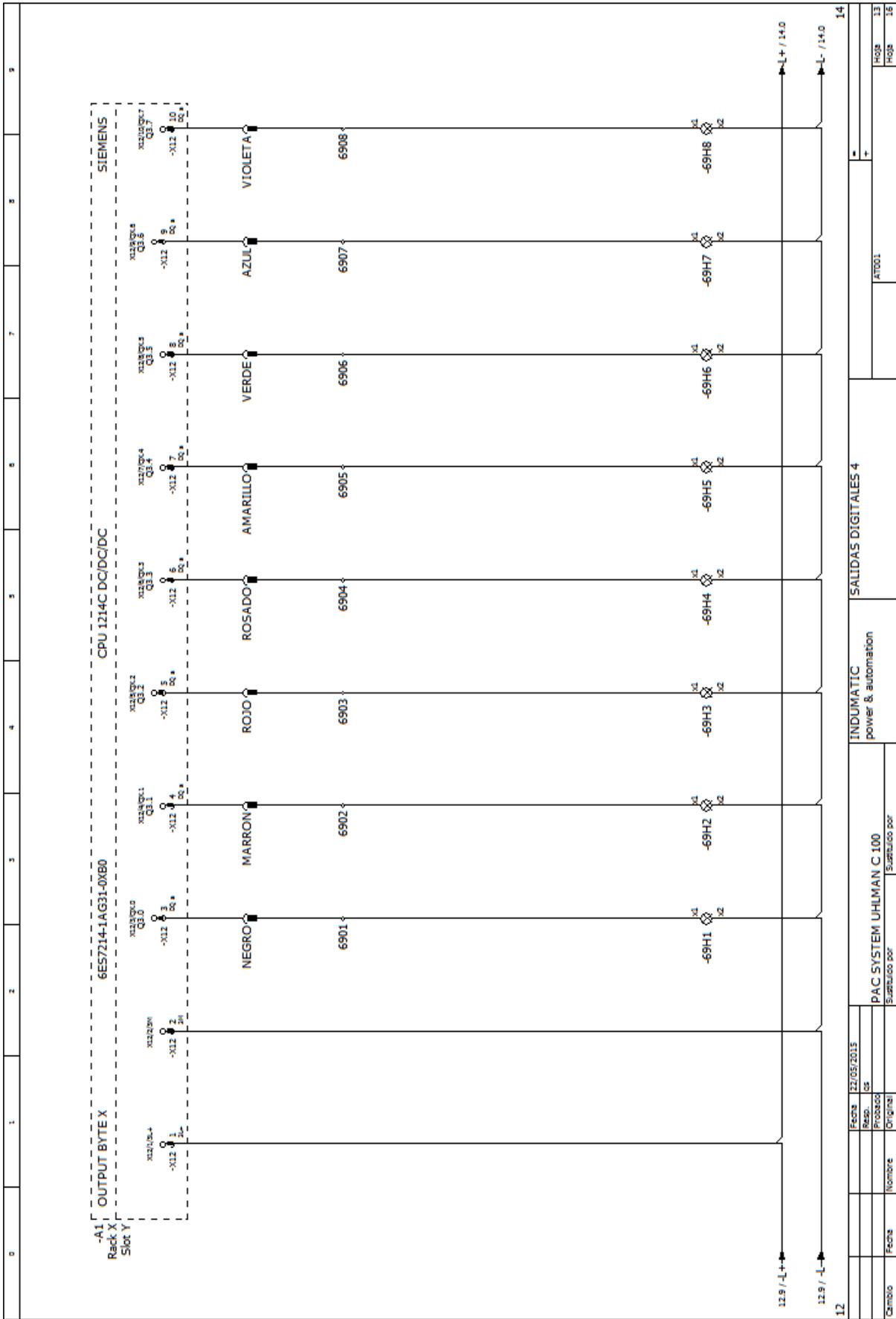
PAC SYSTEM UHMAN C 100
Sustituido por

SALIDAS DIGITALES 3

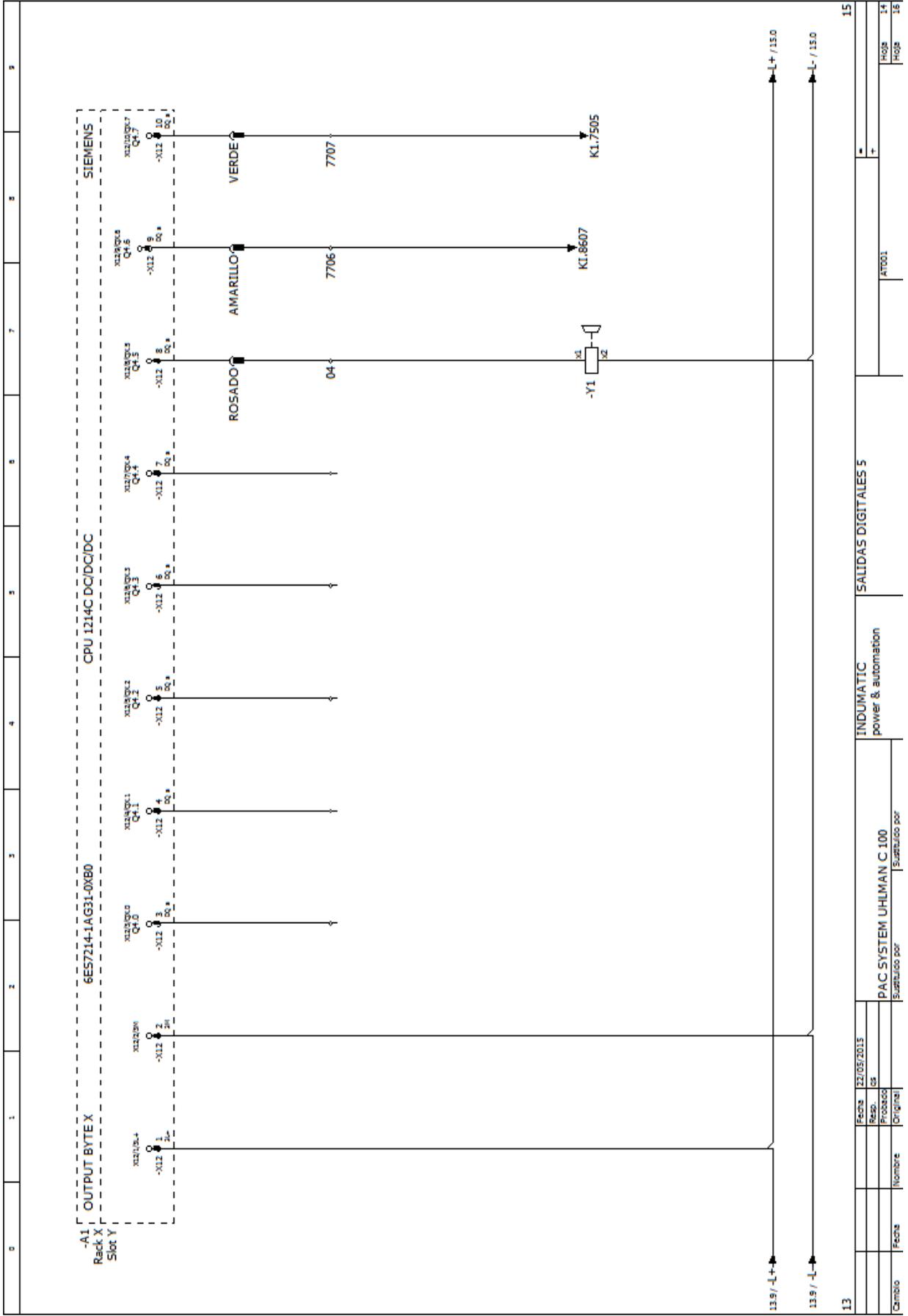
AT001

13

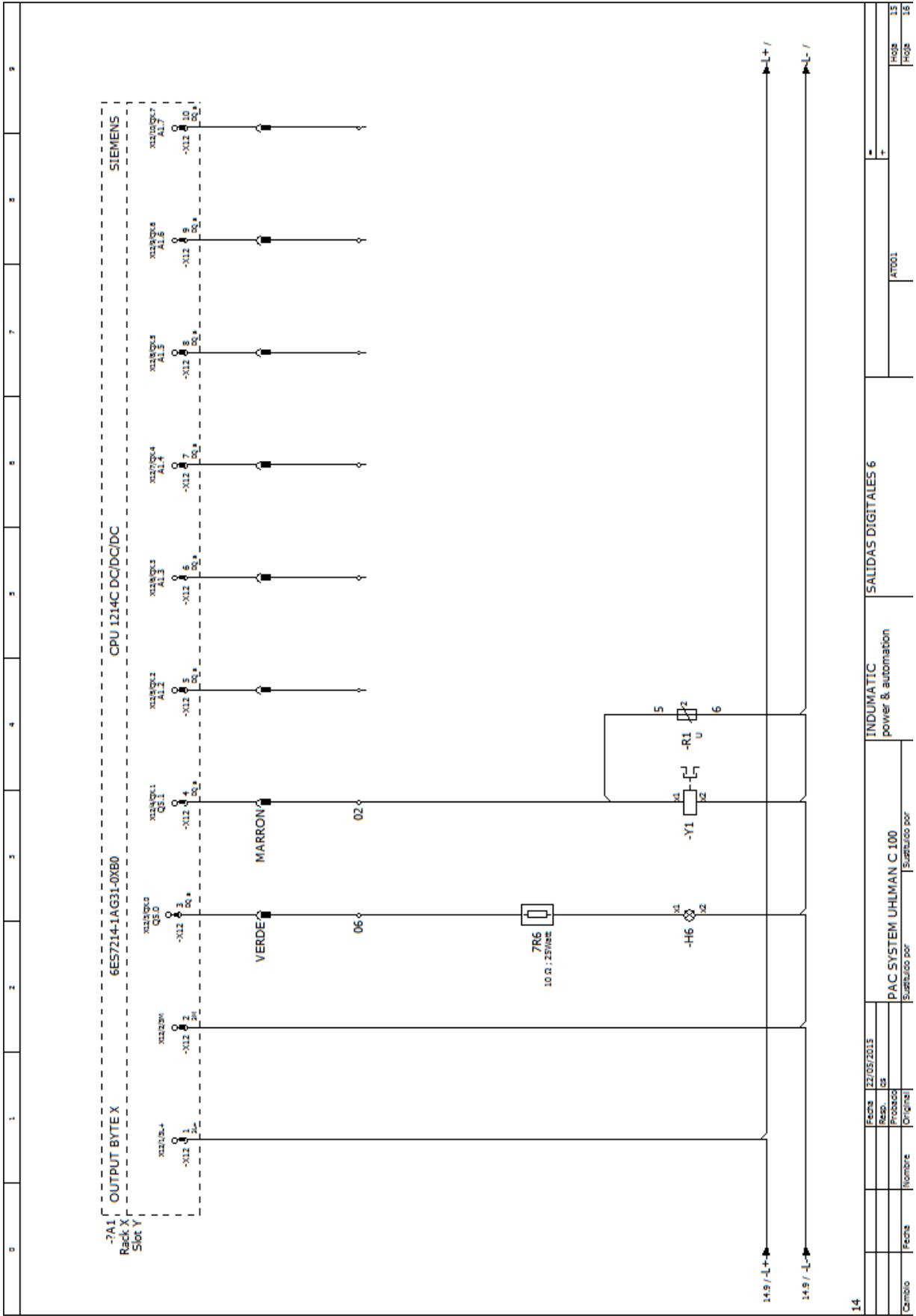
H005	12
H005	16



12	12.9 / L+	14	L- / 14.0
INDUMATIC power & automation		SALIDAS DIGITALES 4	
PAC SYSTEM UHLMAN C.100 Substituto por		AT001	
Fecha	Nombre	Original	Hoja
12/05/2015			13
Revisión	Proyecto	IC	Hoja
			14



13	INDUMATIC power & automation	15
Cambio	Fecha	Original
	22/05/2015	
	Resp. OS	
	Probaso	
	Original	
	Substituto por	
	PAC SYSTEM UHMAN C 100	
	Substituto por	
	AT001	
	HOJE	14
	HOJE	16



14

Fecha	22/05/2015	INDUMATIC	SALIDAS DIGITALES 6
Revisión	02	power & automation	
Proyecto			
Nombre			
Numero			
Substituto por			
Substituto por			
Numero			
Original			
47001			
HOB			
HOB			

ANEXO 4

SIEMENS

Product data sheet

6ES7214-1AG31-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C,
 COMPACT CPU, DC/DC/DC,
 ONBOARD I/O: 14 DI 24V DC;
 10 DO 24 V DC;
 2 AI 0 - 10V DC,
 POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC,
 PROGRAM/DATA MEMORY: 75 KB

Supply voltage	
24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption, max.	1.5 A ; 24 V DC
	12 A
Encoder supply	
24 V encoder supply	
24 V	Permissible range: 20.4 to 28.8 V
Output current	
Current output to backplane bus (DC 5 V), max.	1600 mA ; Max. 5 V DC for SM and CM
Power losses	
Active power loss / typical	12 W

Memory	
Usable memory for user data	75 kbyte
Work memory	
integrated	75 kbyte
expandable	No
Load memory	
	4 Mbyte
Backup	
without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.085 µs ; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs ; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.5 µs ; / instruction
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 66635. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
retentive data area in total (incl. times, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
Number, max.	8 kbyte ; Size of bit memory address area
Address area	
I/O address area	
I/O address area, overall	1024 bytes for inputs / 1024 bytes for outputs
Process image	
Inputs, adjustable	1 kbyte
Outputs, adjustable	1 kbyte
Hardware configuration	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules
Time of day	
Clock	
Hardware clock (real-time clock)	Yes
Deviation per day, max.	60 s/month at 25 °C
Backup time	480 h ; Typical
Digital inputs	
Number of digital inputs	14 ; integrated

of which, inputs usable for technological functions	6 ; HSC (High Speed Counting)
integrated channels (DI)	14
mip-reading	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
up to 40 °C, max.	14
Input voltage	
Rated value, DC	24 V
for signal "0"	5 VDC at 1 mA
for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Input current	
for signal "1", typ.	1 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
	0.2 ms
at "0" to "1", max.	12.8 ms
for interrupt inputs	
	Yes
for counter/technological functions	
Parameterizable	Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz
Cable length	
Cable length, shielded, max.	500 m ; 50 m for technological functions
Cable length unshielded, max.	300 m ; For technological functions: No
Digital outputs	
Number of digital outputs	10
of which high-speed outputs	4
integrated channels (DO)	10
short-circuit protection	No ; to be provided externally
Limitation of inductive shutdown voltage to	L+ (-48 V)
Switching capacity of the outputs	
with resistive load, max.	0.5 A
on lamp load, max.	5 W
Output voltage	
for signal "0", max.	0.1 V ; with 10 kOhm load
for signal "1", min.	20 V
Output current	
for signal "1" rated value	0.5 A

	0.1 mA
Output delay with resistive load	
"0" to "1", max.	1 µs
"1" to "0", max.	5 µs
Switching frequency	
of the pulse outputs, with resistive load, max.	100 kHz
Relay outputs	
Max. number of relay outputs, integrated	0
Cable length	
Cable length, shielded, max.	500 m
Cable length unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Integrated channels (AI)	2; 0 to 10 V
Number of analog inputs	2
Input ranges	
Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
0 to +10 V	Yes
Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
Cable length, shielded, max.	100 m; twisted and shielded
Analog outputs	
Number of analog outputs	0
Cable length	
Cable length, shielded, max.	100 m; Shielded, twisted wire pair
Analog value creation	
Integrations and conversion time/resolution per channel	
Resolution with overrange (bit including sign), max.	10 bit
Integration time, parameterizable	Yes
Conversion time (per channel)	625 µs
Encoder	
Connectable encoders	
2-wire sensor	Yes
1st interface	
Physics	Ethernet
Isolated	Yes
Automatic detection of transmission speed	Yes
Autonegotiation	Yes

Autocrossing	Yes
Functionality	
PROFINET IO Controller	Yes
Communication functions	
S7 communication	
supported	Yes
as server	Yes
as client	Yes
Open IE communication	
TCP/IP	Yes
ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
UDP	Yes
Web server	
supported	Yes
User-defined websites	Yes
Test commissioning functions	
Status/control	
Status/control variable	Yes
Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed
Forcing	
Forcing	Yes
Diagnostic buffer	
present	Yes
Integrated Functions	
Number of counters	6
Counter frequency (counter) max.	100 kHz
Frequency meter	Yes
controlled positioning	Yes
PID controller	Yes
Number of alarm inputs	4
Number of pulse outputs	2
Limit frequency (pulse)	100 kHz
Galvanic isolation	
Galvanic isolation digital inputs	
Galvanic isolation digital inputs	500 V AC for 1 minute
between the channels, in groups of	1
Galvanic isolation digital outputs	
Galvanic isolation digital outputs	Yes

ANEXO 5

SIEMENS

hoja de datos del producto

6ES7223-1BL32-0XB0



SIMATIC S7-1200, E/S DIGITAL SM 1223,
16 DI / 16 DO, 16 DI DC 24 V,
SINK/SOURCE, 16 DO, TRANSISTOR 0,5A

Tensión de alimentación	
24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Corriente consumida / desde bus de fondo / a 24 V / con DC / máxima	185 mA
Entradas digitales	
De la tensión de carga L+ (sin carga), máx.	4 mA ; por canal
Tensión de salida	
Alimentación de transmisores	
existente	Sí
Pérdidas	
Potencia activa disipada / típica	4,5 W
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	16
En grupos de	2
Característica de entrada según IEC 61131, tipo 1	Sí
Número de entradas atacables simultáneamente	

Todas las posiciones de montaje		Intensidad de salida	
hasta 40 °C, máx.	16	para señal "1" valor nominal	0,5 A
Posición de montaje horizontal		para señal "1" rango admisible, máx.	0,5 A
hasta 40 °C, máx.	16		10 µA
hasta 50 °C, máx.	16	Retardo a la salida con carga resistiva	
Posición de montaje vertical		"0" a "1", máx.	50 µs
hasta 40 °C, máx.	16	"1" a "0", máx.	200 µs
Tensión de entrada		Intensidad suma de las salidas (por grupo)	
Tipo de tensión de entrada	DC	Posición de montaje horizontal	
Valor nominal, DC	24 V	hasta 50 °C, máx.	8 A; Corriente por común
para señal "0"	5 VDC con 1 mA	Salidas de relé	
para señal "1"	15 VDC at 2,5 mA	Poder de corte de los contactos	
Intensidad de entrada		con carga inductiva, máx.	0,5 A
Corriente de entrada / en la entrada digital / con señal <D> / máxima	1 mA	con carga tipo lámpara, máx.	5 W
Corriente de entrada / en la entrada digital / con señal <T> / mínima	2,5 mA	Con carga resistiva, máx.	0,5 A
para señal "1", típ.	4 mA; típicamente	Longitud del cable	
Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada)		Longitud del cable apantallado, máx.	500 m
para entradas estándar		Longitud de cable no apantallado, máx.	150 m
	Sí	Alarmas/diagnósticos/información de estado	
para entradas de alarmas		Alarmas	
	Sí	Alarmas	Sí
		Alarma de diagnóstico	Sí
Longitud del cable		Avisos de diagnósticos	
Longitud del cable apantallado, máx.	500 m	Funciones de diagnóstico	Sí
Longitud de cable no apantallado, máx.	300 m	LED señalizador de diagnóstico	
Salidas digitales		Para el estado de las entradas	Sí
Número de salidas	16	para el estado de las salidas	Sí
En grupos de	1	para mantenimiento	Sí
Protección contra cortocircuitos	No; a prever externamente	Señalizador de estado salida digital (verde)	Sí
protección contra cortocircuitos	No	Señalizador de estado entrada digital (verde)	Sí
Limitación de la sobretensión inductiva de corte a	L+ (-48 V)	Aislamiento galvánico	
Poder de corte de las salidas		Aislamiento galvánico módulos de E digitales	
Con carga resistiva, máx.	0,5 A	entre los canales, en grupos de	2
con carga tipo lámpara, máx.	5 W	Aislamiento galvánico módulos de S digitales	
Tensión de salida		entre los canales, en grupos de	1
Valor nominal (DC)	24 V	entre los canales y el bus de fondo	500 V AC
para señal "0", máx.	0,1 V; con carga de 10 kOhm	Grado de protección y clase de protección	
para señal "1", mín.	20 V DC	IP20	Sí

ANEXO 6

SIEMENS

Product data sheet

6AV6647-0AB11-3AX0



SIMATIC HMI KTP600 BASIC MONO PN,
BASIC PANEL, KEY AND TOUCH OPERATION,
6" STN DISPLAY, 4 GRAY SCALE,
PROFINET INTERFACE,
CONFIGURATION FROM WINCC FLEXIBLE 2008 SP2
COMPACT/ WINCC BASIC V10.5/ STEP7 BASIC V10.5,
CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED
FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD

Display	
Design of display	STN
Screen diagonal	5.7 in
Display width	115.2 mm
Display height	86.4 mm
Number of colors	4; Grayscale
Resolution (pixels)	
Horizontal image resolution	320
Vertical image resolution	240
Backlighting	
MTEF backlighting (at 25 °C)	50000 h
Dimmable backlight	No
Control elements	
Keyboard fonts	
Number of function keys	6
Keys with LED	No
System keys	No
Numeric/alphabetical input	
Numeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
Alphanumeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
Touch operation	
Design as touch screen	Yes
Installation type/mounting	
Mounting in portrait format possible	Yes
Mounting in landscape format possible	Yes
Supply voltage	
Type of supply voltage	DC
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	0.24 A
Inrush current A's	0.5 A's
Power	
Power consumption, typ.	6 W
Processor	
Processor type	
X86	No
ARM	Yes

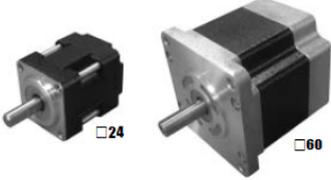
Memory	
Flash	Yes
RAM	Yes
Usable memory for user data	1 Mbyte
Type of output	
Acoustics	
Buzzer	Yes
Speaker	No
Time of day	
Clock	
Hardware clock (real-time clock)	No
Software clock	Yes
Battery-backed	No
Synchronizable	Yes
Interfaces	
Number of RS 485 interfaces	0
Number of USB interfaces	0
Number of SD card slots	0
Number of parallel interfaces	0
Number of 20 mA interfaces (TTY)	0
Number of RS 232 interfaces	0
Number of RS 422 interfaces	0
Number of other interfaces	0
With software interfaces	No
Industrial Ethernet	
Number of industrial Ethernet interfaces	1
Industrial Ethernet status LED	2
Protocols	
PROFINET	Yes
Supports protocol for PROFINET IO	No
IRT supported	No
PROFIBUS	No
MPI	No
Protocols (Ethernet)	
TCP/IP	Yes
Protocol / will be supported / [nicht versorgt - DHCP]	Yes
Protocol / is supported / SNMP	Yes
DCP	Yes
Protocol / is supported / LLDP	Yes
WEB characteristics	
Protocol / is supported / HTTP	No
HTML	No
Further protocols	
CAN	No
MODBUS	Yes; Modicon (MODBUS TCP/IP)
Supports protocol for EtherNet/IP	Yes
Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostic messages	
Diagnostic information readable	No
Degree and class of protection	
IP (at the front)	IP65
Enclosure Type 4 at the front	Yes
Enclosure type 4x at the front	Yes
IP (rear)	IP20
Standards, approvals, certificates	
CE	Yes

ANEXO 7

Autonics

SHAFT TYPE 5 PHASE STEPPING MOTOR

M A N U A L

Thank you very much for selecting Autonics products.
For your safety, please read the following before using.

Specifications

□24		
Model	02K-S523(W)	04K-S525(W)
Max. Holding torque*	0.18 kgf-cm(0.018 N-m)	0.28 kgf-cm(0.028 N-m)
Moment of rotor inertia	4.2 g-cm ² (4.2x10 ⁻⁷ kg-m ²)	8.2 g-cm ² (8.2x10 ⁻⁷ kg-m ²)
Rated current	0.75 A/Phase	
Basic step angle	0.72° / 0.36° (Full/Half)	
Unit weight	Approx. 0.07kg	Approx. 0.12kg

□42			
Model	A1K-S543(W)-□	A2K-S544(W)-□	A3K-S545(W)-□
Max. Holding torque*	1.3 kgf-cm(0.13 N-m)	1.8 kgf-cm(0.18 N-m)	2.4 kgf-cm(0.24 N-m)
Moment of rotor inertia	35 g-cm ² (35x10 ⁻⁷ kg-m ²)	54 g-cm ² (54x10 ⁻⁷ kg-m ²)	68 g-cm ² (68x10 ⁻⁷ kg-m ²)
Rated current	0.75 A/Phase		
Basic step angle	0.72° / 0.36° (Full/Half)		
Unit weight	Approx. 0.25kg	Approx. 0.3kg	Approx. 0.4kg

□60						
Model	A4K-S564(W)-□	A4K-M564(W)-□	A8K-S566(W)-□	A8K-M566(W)-□	A16K-M569(W)-□	A16K-G569(W)-□
Max. Holding torque(*1)	4.2 kgf-cm(0.42 N-m)		8.3 kgf-cm(0.83 N-m)		16.6 kgf-cm(1.66 N-m)	
Moment of rotor inertia	175 g-cm ² (175x10 ⁻⁷ kg-m ²)		280 g-cm ² (280x10 ⁻⁷ kg-m ²)		560 g-cm ² (560x10 ⁻⁷ kg-m ²)	
Rated current	0.75 A/Phase	1.4 A/Phase	0.75 A/Phase	1.4 A/Phase	1.4 A/Phase	2.8 A/Phase
Basic step angle	0.72° / 0.36° (Full/Half)					
Unit weight	Approx. 0.6kg		Approx. 0.8kg		Approx. 1.3kg	

□85						
Model	A21K-M596(W)-□	A21K-G596(W)-□	A41K-M599(W)-□	A41K-G599(W)-□	A63K-M5913(W)-□	A63K-G5913(W)-□
Max. Holding torque(*1)	21 kgf-cm(2.1 N-m)		41 kgf-cm(4.1 N-m)		63 kgf-cm(6.3 N-m)	
Moment of rotor inertia	1,400 g-cm ² (1,400x10 ⁻⁷ kg-m ²)		2,700 g-cm ² (2,700x10 ⁻⁷ kg-m ²)		4,000 g-cm ² (4,000x10 ⁻⁷ kg-m ²)	
Rated current	1.4 A/Phase	2.8 A/Phase	1.4 A/Phase	2.8 A/Phase	1.4 A/Phase	2.8 A/Phase
Basic step angle	0.72° / 0.36° (Full/Half)					
Unit weight	Approx. 1.7kg		Approx. 2.8kg		Approx. 3.8kg	

*1: Max. Holding torque is a retaining torque when 5 phase excitation stopped after the rated current is flowed in motor.

Common specification

Insulation class	CLASS B(130°C)
Insulation resistance	Min. 100MΩ (at 500VDC megger) between Motor coil-case
Dielectric strength	1 kVAC(at 0.75 A/Phase is 0.5 kVAC) 50/60Hz for 1 minute between Motor coil-case
Temperature rise	5-Phase excitation for rated current, below 80°C at stop status (resistance method)
Environment	Ambient temperature: -10 to 50°C, Storage: -25 to 85°C Ambient humidity: 35 to 85%RH, Storage: 35 to 85%RH
Positional accuracy*1	±3'(±0.05°)
Shaft vibration*4	0.05 T.I.R.[mm]
Radial Movement*2	0.025[mm] Max.(Load 5N)
Axial Movement*3	0.075[mm] Max.(Load 10N)
Concentricity for shaft of setup in low	0.075 T.I.R.[mm]
Perpendicularity of seating plane shaft	0.075 T.I.R.[mm]
Protection	IP30(IEC34-5 standards)

*1: This value is when full-step and no-load. (It varies as load size.)
*2: It is shaft displacement quantity of radial direction when load 5N is added to edge part of the motor shaft to vertical way.
*3: It is shaft displacement quantity of axis direction when load 10N is added to the motor shaft to axis way.
*4: T.I.R.(Total Indicator Reading): In case of making 1 rotation with the standard point as the center, it indicates the whole quantity of dial gauge.

Caution for your safety

*Please keep these instructions and review them before using this unit.

*Please observe the cautions that follow:

Warning Serious injury may result if instructions are not followed.

Caution Product may be damaged, or injury may result if instructions are not followed.

*The following is an explanation of the symbols used in the operation manual.

Caution: Injury or danger may occur under special conditions.

Warning

- In case of using this unit with machinery(nuclear power control, medical equipment, vehicle, train, airplane, combustion apparatus, entertainment or safety device, etc.), is required to install fail-safe device, or contact us for information required.
It may cause a fire, human injury or property loss.
- Do not use this unit where flammable or explosive gas, corrosion and water exist.
It may cause a fire or burn.
- Installation, connection, operation, control, maintenanc.
It may cause a fire or human injury, give electronic shock.
- Please install it in power off.
It may give electronic shock.
- Please earth or install it with housing so that protecting a touch of human body.
It may give electronic shock or human injury.
- Do not disassemble or modify this unit.
It may cause damage to this product or quality down.

Caution

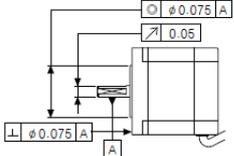
- Please keep the specification of this unit.
It may cause damage to this product.
- Do not put obstacle object for well ventilation around this unit.
It may cause a damage to this product or malfunction of peripheral equipment by motor heating.
- Please fix this unit on a metal plate tightly.
It may cause human injury or damage of this product and peripheral device.
- Please stop this unit when mechanical trouble occurred.
It may cause a fire or human injury.
- Do not inordinate impact or continuous vibration to this unit.
It may cause malfunction of this product.
- The surface temperature of the motor is possible to be over 70°C in normal operating state. Please put a caution mark on outstanding place when somebody may approach to the operating motor.
It may cause a burn.
- Do not carry the cable or rotating part of this unit.
It may cause human injury.
- Please put a cover on the rotating part of this unit.
It may cause human injury.
- Please separate as industrial scrapped material when disuse this unit.

Ordering information

A 1K - S 5 4 3 W - S

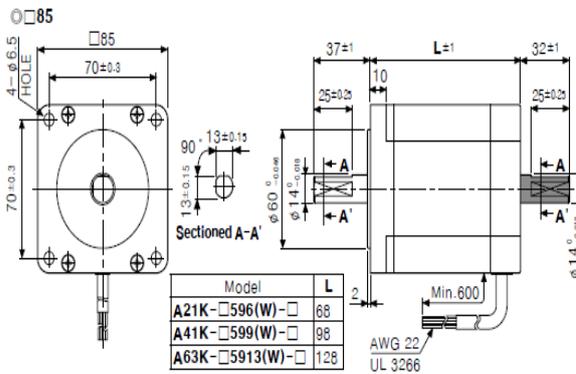
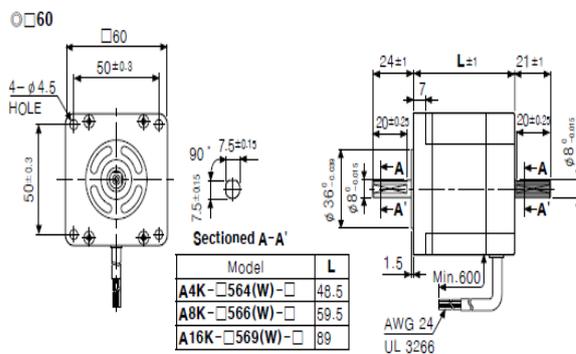
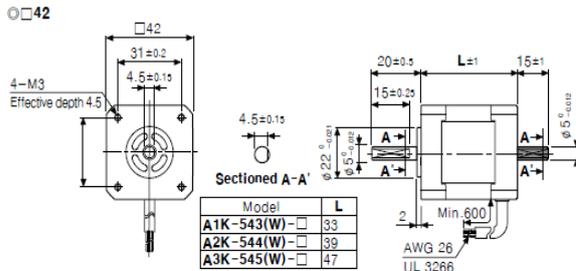
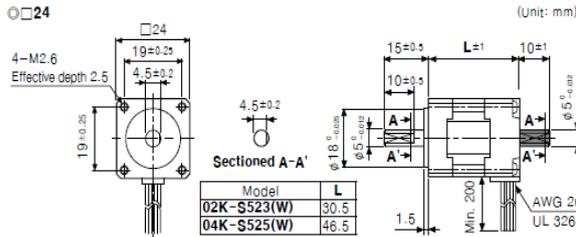
Wire connection	No mark	Pentagon
	S	Standard
Shaft type	No mark	Single shaft
	W	Dual shaft
Motor length		
2	□24 (24mm×24mm)	3 30.5mm
		4 46.5mm
Motor frame size (width×length)		
4	□42 (42mm×42mm)	3 33mm
		4 39mm
		5 47mm
6	□60 (60mm×60mm)	4 48.5mm
		6 59.5mm
		9 89mm
9	□85 (85mm×85mm)	6 68mm
		9 98mm
		13 128mm
Motor phase		
		5 5 phase
Rated current		
		S 0.75 A/Phase
		M 1.4 A/Phase
		G 2.8 A/Phase
Max. Holding torque		
		Square kgf-cm (Refer to motor specifications)
		Autonics motor

* Standard wiring is optional. (Except 24 square motor modes.)
*The above specifications are subject to change without notice.



*Environment resistance is rated at no freezing or condensation.

Dimensions

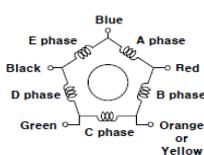


*These dimensions are for dual shaft models.
For single shaft models, ignore shadow (■) part.

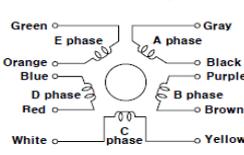
Connection diagram

Refer to the below for correlations of motor's each phase (coil) and the color of lead wire. Note that Pentagon connection type is a standard model. (Standard connection type is an option model.)

•Pentagon wiring (Standard)



•Standard wiring (Option)



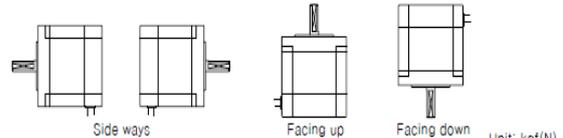
In case of connecting standard connection type models to motor drivers, make sure that motor's lead wire connection must be made as specified in the table.

Lead wire color for Standard connection type	Lead wire color for Pentagon connection type
Gray + Red	Blue
Yellow + Black	Red
Orange + White	Orange
Brown + Green	Green
Blue + Purple	Black

Installation

1. Mounting direction

Motors can be mounted in any directions – facing up, facing down and side ways. No matter which direction motors to be mounted, be sure not to apply overhung or thrust load on the shaft.
Refer to the table below for allowable shaft overhung load/ thrust load.



Motor frame size	Allowable overhung load per certain distance (mm) from the end of shaft					Allowable thrust load
	0	5	10	15	20	
□24	2(20)	2.5(25)	3.4(34)	–	–	Under the load of motor
□42	2(20)	2.5(25)	3.4(34)	5.2(52)	–	
□60	6.3(63)	7.5(75)	9.5(95)	13(130)	19(190)	
□85	26(260)	29(290)	34(340)	39(390)	48(480)	

Do not apply excessive force on motor cable when mounting motors. Do not forcibly pull or insert the cable. It may cause poor connection or disconnection of the cable. In case of frequent cable movement required application, proper safety countermeasures must be ensured.

2. Motor mounting

With considering heat radiation and vibration isolation, mount the motor as tight as possible against a metal panel having high thermal conductivity such as iron or aluminum.
When mounting motors, use hexagon socket screws, hexagon nuts, spring washers and flat washers.

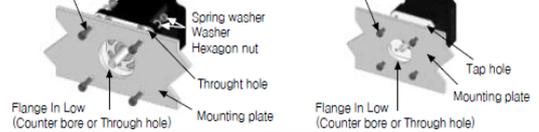
Refer to the table below for allowable thickness of mounting plate and using screw.

•Through hole type motor

Hexagon socket screw

•Tap hole type motor

Hexagon socket screw

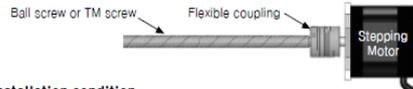


Motor size	The thickness of mounting plate	Using screw
□24	Min. 3mm	M2.6
□42	Min. 4mm	M3
□60	Min. 5mm	M4
□85	Min. 8mm	M6

3. Connection with load

In case of using motors with connecting a load – Ball screw or TM screw – to motor's shaft, make sure to use flexible couplings as shown in the figure below.
If the center of the load is not matched to that of shaft, it may cause severe vibration, shaft damage or shortened life cycle of bearings.

Do not disassemble or modify motor shaft in order to connect a load. Contact us if it is required.
In case of making connection with a pulley or a belt, be sure to observe allowable Thrust load and Radial load. Make sure no severe vibration applied on shaft.



4. Installation condition

Install the motor in a place that meets certain conditions specified below. It may cause product damage if instructions are not following.

- It shall be used indoors. (This product is designed / manufactured to be installed on machinery as a part.)
- Within -10°C to 50°C (at non-freezing status) of ambient temperature
- Within 85%RH (at non-dew status) of ambient humidity
- The place without explosive, flammable and corrosive gas
- The place without direct ray of light
- The place without dust, dregs, etc.
- The place without water, oil, etc.
- The place where easy heat dissipation could be made
- The place where no continuous vibration or severe shock
- The place with less salt content
- The place with less electronic noise occurred by welding machine, motor, etc.
- The place where no radioactive substances and magnetic fields exist. It shall be no vacuum status as well.

Caution for using

1. Temperature rise

The surface temperature of motor shall be under 100°C and it can be significantly increased in case of running motor by constant current drive. In this case, use the fan to lower the temperature forcibly.

2. Using at low temperature

Using motors at low temperature may cause reducing maximum starting / driving characteristics of the motor as ball bearing's grease consistency decreases due to low temperature. (Note that the lower the bearing's grease consistency, the higher the bearing's friction torques.) Start the motor in a steady manner since motor's torque is not to be influenced.

*It may cause malfunction if above instructions are not followed.

Major products

- Proximity sensors
- Area sensors
- Photoelectric sensors
- Fiber optic sensors
- Door/Door side sensors
- Rotary encoders
- Graphic/Logic panels
- Temperature controllers
- Tachometer/Pulse(Rate) meters
- Temperature/Humidity transducers
- Switching power supplies
- Stepping motors/drivers/motion controllers
- Field network devices
- Laser marking system (CO₂, Nd:YAG)
- Laser welding/soldering system
- Counters
- Timers
- Display units
- Panel meters
- Pressure sensors
- Power controllers
- Sensor controllers

Autonics Corporation
http://www.autonics.com

Satisfiable Partner For Factory Automation

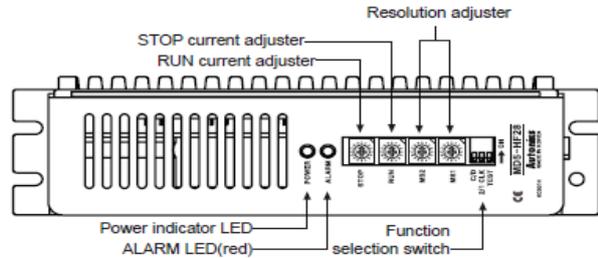
■HEAD QUARTERS :
41-5, Yongdang-dong, Yangsan-si, Gyeongsang, 626-847, Korea
■OVERSEAS SALES :
Bldg. 402 3rd FL., Bucheon Techno Park, 193, Yakdeae-dong, Wonmi-gu, Bucheon-si, Gyeonggi-do, 420-734, Korea
TEL : 82-32-610-2730 / FAX : 82-32-329-0728
■E-mail : sales@autonics.com

The proposal of a product improvement and development : product@autonics.com

EP-KE-10-0001J

Stepper Motor Driver(2.8A/phase, AC Power)

5-Phase Microstep motor driver [MD5-HF28]



※KR-505G can be replaced with MD5-HF28.
 ※Power supply 100-220VAC and connected socket are upgraded.

◎ **Function selection switch**



NO	Name	Function	Switch position	
			ON	OFF
1	TEST	Self-diagnosis	Rotate in 30rpm	—
2	2/1 CLK	Pulse input method	1-pulse input	2-pulse input
3	C/D	Auto current down	Not using	Using

● **TEST**

- ※Self-diagnosis function is to test motors and drivers.
- ※Motors rotate with 30 rpm in full-step. Motor rotation speed is subject to change depending on resolution setting.
- ※Rotation speed = 30 rpm / resolution
- ※The motor will rotate in CCW direction when in 1-pulse input mode and in CW direction when in 2-pulse input mode.
- Note) Make sure that TEST switch is set to OFF before supplying the power.
 It may cause injury or danger if TEST switch is set to ON when power is supplied.

● **2/1 CLK**

- ※1/2 CLK switch is to select pulse input mode.
- ※1-pulse input mode : CW → operation command pulse input, CCW → rotation direction pulse input
 ([H]: CW rotation, [L]: CCW rotation)
- ※2-pulse input mode : CW → CW direction rotation pulse input, CCW → CCW direction rotation pulse input

● **C/D (Auto current down)**

- ※This function is reducing current automatically according to STOP current setting value in order to suppress generated heat when motor is stop.
- ※It activates when there is no pulse input of motor operation for over 100ms.

◎ **RUN current setting**

S/W No	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Current (Amps/Phase)	1.14	1.25	1.36	1.50	1.63	1.74	1.86	1.97	2.10	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.78	2.88

- ※RUN current is a phase current provided to 5-phase stepper motor.
- ※Be sure to set RUN current at the rated current or below.
- ※Adjust the RUN current in case severe heat generation occurs. Be sure that torque decreasing may occur when adjusting the current.
- Note) Be sure to adjust RUN current while motor is running.

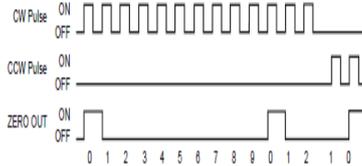
◎ **STOP current setting**

S/W No	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
%	27	31	36	40	45	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90

- ※STOP current is a phase current provided to 5-phase stepper motor at standstill.
- ※It will be activated when C/D (Auto current down) is set to ON. By setting STOP current, it is possible to suppress the heat generation at motor standstill.
- ※STOP current setting value is the ratio of RUN current setting value (%).
- Ex) In case RUN current setting value is set to 1.4A and STOP current setting value is set to 50%, auto current down current is set to 0.7A.
- ※STOP current setting value may have some deviation depending on resistance impedance of motor.
- ※Auto current down function will be activated when HOLD OFF signal is [L]. When HOLD OFF signal is [H], the function is not activated since the current provided to each phase is cut off.
- Note) Be sure to adjust STOP current while motor is at standstill.

MD5 Series

Zero point excitation output signal (ZERO OUT)



- ※ The signal is output to indicate when the motor excitation status is in the initial stage. / Used to check the rotation position of motor's axis.
- ※ In case of full step, the signal is output every 7.2°. (50 times / rotation)
- EX) Full step (0.72°/Step) : Signal is output every 10 pulses. 20 divisions (0.036°/Step) : Signal is output every 200 pulses.

HOLD OFF function

- ※ When HOLD OFF input signal is [H], motor excitation is released.
- When HOLD OFF input signal is [L], motor excitation is in a normal status.
- ※ A function used to rotate motor's axis using external force or used for manual positioning.
- ※ HOLD OFF Input signal [H] and [L] represent photocoupler ON/OFF in a circuit.
- ※ Please do not use for stopping motor.

Setting microstep (Microstep : Resolution)

SW No	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Resolution	1	2	4	5	8	10	16	20	25	40	50	80	100	125	200	250
Step angle	0.72°	0.36°	0.18°	0.144°	0.09°	0.072°	0.045°	0.036°	0.0288°	0.018°	0.0144°	0.009°	0.0072°	0.00576°	0.0036°	0.00288°

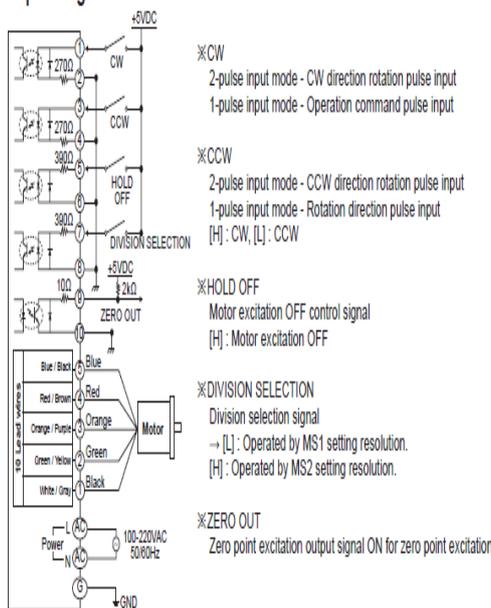
Resolution setting (Same as MS1, MS2)

- ※ It is set to MS1 when division selection signal is [L], and MS2 when division selection signal is [H].
- ※ Two different micro step can be set using DIVISION SELECTION. Users can select one of them via external input signals.
- ※ Microstep is to make basic step angle of 5-phase motors (0.72°) divided into smaller angle according to setting values.
- ※ In case of geared motors, step angle shall be determined by dividing step angle by gear ratio.
- EX) 0.72° / 10 (1:10) = 0.072°
- ※ It may cause step-out if resolution is changed while motor is running.

ALARM Function

- ※ Over heat : When the temperature in driver BASE is over 80°C, Alarm LED will be ON and motor will stop with holding the torque. Remove the Over Heat Alarm causing factors and reset the power in order to reset alarm function .
- ※ Overcurrent : When overcurrent is applied to the motor due to driver damage or errors, Alarm LED will flash. In case of overcurrent, the motor will be HOLD OFF. Cut off the power and remove overcurrent-causing factors in order to resume normal operation.

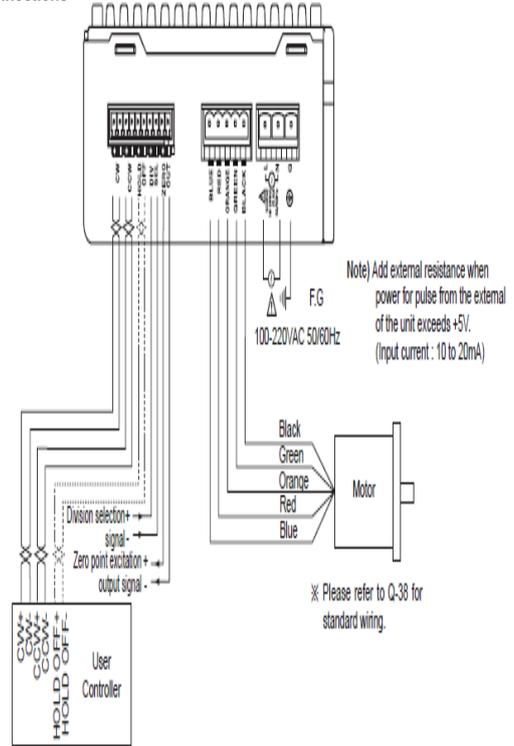
Input-Output diagram



- ※ CW
2-pulse input mode - CW direction rotation pulse input
1-pulse input mode - Operation command pulse input
- ※ CCW
2-pulse input mode - CCW direction rotation pulse input
1-pulse input mode - Rotation direction pulse input
[H] : CW, [L] : CCW
- ※ HOLD OFF
Motor excitation OFF control signal
[H] : Motor excitation OFF
- ※ DIVISION SELECTION
Division selection signal
→ [L] : Operated by MS1 setting resolution.
[H] : Operated by MS2 setting resolution.
- ※ ZERO OUT
Zero point excitation output signal ON for zero point excitation

Stepper Motor Driver (2.8A/phase, AC Power)

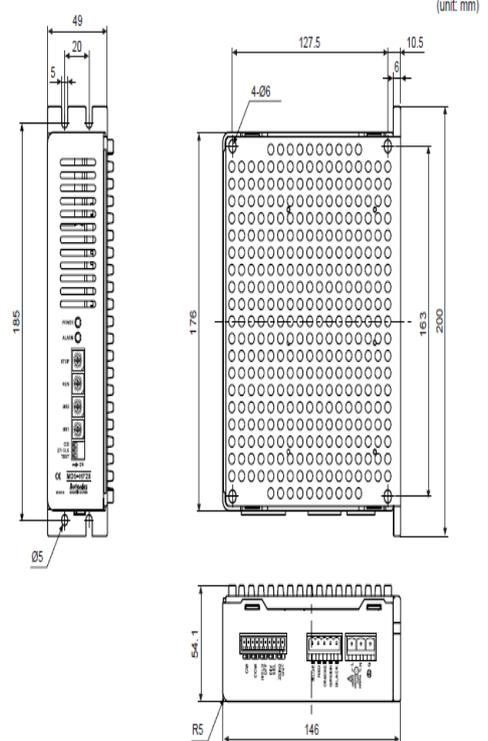
Connections



Note) Add external resistance when power for pulse from the external of the unit exceeds +5V. (input current : 10 to 20mA)

※ Please refer to Q-38 for standard wiring.

Dimensions



Autonics

Q-15