



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

TEMA:

CONTROL AUTOMÁTICO PARA ABASTECIMIENTO DE PVC
DESDE LA SECCIÓN PREFABRICADOS TERMOPLÁSTICOS A LA
SECCIÓN CALZADO LONA EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO
INDUSTRIAL S.A.

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

AUTOR: Gabriel Alejandro Vaca Ortega

TUTOR: Ing. Edwin Morales

Ambato - Ecuador

Septiembre 2012

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “Control automático para abastecimiento de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.”, del señor Gabriel Alejandro Vaca Ortega, 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 Septiembre 10, 2012

EL TUTOR

Ing. Edwin Morales

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: “Control automático para abastecimiento de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.”. 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 Septiembre 10, 2012

Gabriel Alejandro Vaca Ortega
CC: 180445637-2

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes: Ing. Oswaldo Paredes M.Sc., Ing. Marco Jurado e Ing. Santiago Álvarez, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “Control automático para abastecimiento de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.”, presentado por el señor Gabriel Alejandro Vaca Ortega, de acuerdo al Art. 18 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

.....

Ing. Oswaldo Paredes M.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Ing. Marco Jurado M.Sc.

DOCENTE CALIFICADOR

.....

Ing. Santiago Álvarez

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

A mi madre Anita Ortega, esa gran mujer tierna, generosa, cariñosa y abnegada que inculcó en mí principios, valores y me enseñó a ser persistente en la vida para alcanzar mis metas, nunca olvidaré su apoyo.

A mi padre Wilson Vaca por su confianza y apoyo que siempre me ha brindado.

A mi hermano Henry por ser el ejemplo de perseverancia y constancia.

A mis hermanas Jenny y Soraya por estar a mi lado en los buenos y malos momentos

A mi sobrina Samantha y a mi sobrino Jesús, para quienes quiero ser un modelo a seguir.

A mi novia Martha por haberme brindado su amor y comprensión durante todo el desarrollo del proyecto.

Gabriel Vaca.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por darme las fuerzas necesarias en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi familia porque siempre han estado a mi lado sin importar mis defectos, por todo el apoyo moral y económico brindado a lo largo de mi carrera.

A la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial; por abrirme las puertas y permitirme seguir adelante en mi vida profesional.

Al Ingeniero Edwin Morales, por todo su tiempo, paciencia y asesoría en la realización del presente proyecto y por todos los conocimientos impartidos a lo largo de mi vida estudiantil universitaria.

A todo el personal de la empresa Plasticaucho Industrial S.A., en especial a la Ing. Myriam Proaño por la apertura y colaboración prestada para la elaboración del presente proyecto.

Gabriel Vaca.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página
Carátula	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	iv
DEDICATORIA:	v
AGRADECIMIENTO:	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2.2 ÁRBOL DEL PROBLEMA.....	2
1.2.3 ANÁLISIS CRÍTICO	2
1.2.4 PROGNOSIS	3
1.2.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.6 PREGUNTAS DIRECTRICES	3
1.2.7 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	5
CAPÍTULO II	6

MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	6
2.3 GRÁFICA DE INCLUSIÓN DE LAS CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	7
2.3.1 CONSTELACIÓN DE IDEAS	8
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	9
2.4.1 INGENIERÍA AUTOMÁTICA.....	9
2.4.2 MAQUINARIA PARA LA INDUSTRIA PLÁSTICA.....	9
2.4.3 MÁQUINAS DE INYECCIÓN	9
2.4.4 PAROS DE MÁQUINAS INYECTORAS.....	10
2.4.5 MANEJO DE MATERIALES	11
2.4.6 TRANSPORTE DE SÓLIDOS.....	13
2.4.7 ALMACENAMIENTO DE SÓLIDOS	13
2.4.8 ABASTECIMIENTO DE PVC	14
2.4.9 Control Manual	18
2.4.10 Sistemas de Control	18
2.4.10.1 Tipos de Sistemas de Control.....	19
2.4.11 Control Automático.....	20
2.4.12 Controlador Lógico Programable (PLC).....	22
2.4.13 Interfaz Hombre-Máquina (HMI)	29
2.5 HIPÓTESIS	31
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	31
CAPITULO III.....	32
METODOLOGÍA	32
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN	32
3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	32
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	33
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	33
3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	34

CAPÍTULO IV	36
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	36
4.1 INTRODUCCIÓN.....	36
4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	1
CAPÍTULO V	2
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	2
5.1 CONCLUSIONES.....	2
5.2 RECOMENDACIONES	2
CAPÍTULO VI	4
PROPUESTA	4
6.1 DATOS INFORMATIVOS	4
6.2 ANTECEDENTES	4
6.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
6.4 OBJETIVOS.....	6
6.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
6.5 ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD	6
6.5.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA	6
6.5.2 FACTIBILIDAD OPERATIVA	6
6.5.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	7
6.6 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO – TÉCNICA.....	7
6.6.1 Fusible.....	7
6.6.2 Interruptor	7
6.6.3 Pulsador.....	9
6.6.4 Relé	9
6.6.5 Contactor.....	11
6.6.6 Guardamotor	12
6.6.7 Sensores	13
6.6.8 Electroneumática.....	16
6.7 METODOLOGÍA	20
6.7.1 Identificación del proceso a mejorar	21
6.7.2 Identificación de las etapas involucradas en la automatización.....	23

6.7.3	Diseño del proyecto.....	24
6.7.4	Selección de los equipos y elementos adecuados para la automatización.	25
6.7.5	Codificación de los equipos y elementos para facilitar la programación del PLC.	45
6.7.6	Programación del PLC	48
6.7.7	Programación de la HMI.....	76
6.7.8	Implementación de los elementos de control y potencia.	87
6.7.9	Funcionamiento del control y monitoreo.	94
6.7.10	Presupuesto:	98
6.7.11	Análisis Económico	101
6.8	CONCLUSIONES.....	101
6.9	RECOMENDACIONES	102
	BIBLIOGRAFÍA:	103
	ANEXOS	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Árbol del problema	2
Figura 2. 1 Categoría Fundamental Variable Independiente	7
Figura 2. 2 Categoría Fundamental Variable Dependiente	7
Figura 2. 3 Constelación de ideas de la variable independiente	8
Figura 2. 4 Constelación de ideas de la variable dependiente.....	8
Figura 2. 5 Partes de una maquina inyectora	10
Figura 2. 6 Diagrama de bloques de un sistema abierto con control de transductor.	19
Figura 2. 7 Diagrama de bloques de un sistema cerrado.....	20
Figura 2. 8 Intercambiador de Calor	21
Figura 2. 9 Diagrama de bloques de la arquitectura de un PLC	23
Figura 2. 10 Memorias de un PLC	25
Figura 2. 11 Instrucción de control	27
Figura 2. 12 Partes del operando.....	28
Figura 2. 13 Estructura de un operando	28
Figura 2. 14 Ejemplos de HMI de procesos	29
Figura 6. 1 Interruptor automático: unipolar, bipolar, tripolar y Tetrapolar	8
Figura 6. 2 Pulsador NO Y NC respectivamente	9
Figura 6. 3 Partes de un relé.....	10
Figura 6. 4 Contactor trifásico	12
Figura 6. 5 Electroválvula monoestable y biestable respectivamente.....	17
Figura 6. 6 Válvula Pinch.....	19
Figura 6. 7 Transporte manual de PVC.....	22
Figura 6. 8 Aspirador de PVC.....	22
Figura 6. 9 Válvula Rotatoria TOREX RV	27
Figura 6. 10 Válvula Pinch TOREX	28
Figura 6. 11 Conexión de electroválvula	29
Figura 6. 12 Sensor de nivel rotativo TOREX ILTC2.....	30
Figura 6. 13 Sensor capacitivo OMRON	31
Figura 6. 14 Breaker Schneider-Electric C60N	32
Figura 6. 15 Fuente SIEMENS SITOP	33
Figura 6. 16 Pulsador Harmony XB4-BL845	34
Figura 6. 17 Pulsador de paro de emergencia Harmony XB4-BT845	34
Figura 6. 18 Alarma Harmony XVB-L4M5	35
Figura 6. 19 Relé RELECO serie IRC	36
Figura 6. 20 Contactor Schneider Electric	38
Figura 6. 21 Guardamotor Schneider Electric.....	39
Figura 6. 22 Relé Térmico Schneider Electric	40
Figura 6. 23 Componentes del PLC SIMATIC S7-1200	41
Figura 6. 24 Módulos SM1221 y SM1223	43

Figura 6. 25 Módulo CSM1277	43
Figura 6. 26 Componentes de la SIMATIC HMI KTP1000BASIC COLORPN .	44
Figura 6. 27 Vista del Portal	49
Figura 6. 28 Vista del Proyecto.....	50
Figura 6. 29 Task Cards de STEP 7 Basic	50
Figura 6. 30 Barra de Favoritos de STEP 7 Basic	51
Figura 6. 31 Drag & Drop de STEP 7 Basic	52
Figura 6. 32 Ciclo de proceso del CPU 1214C	53
Figura 6. 33 Direccionamiento de variables	56
Figura 6. 34 Lenguaje KOP	58
Figura 6. 35 Flujo de Corriente invertido en lenguaje KOP	58
Figura 6. 36 Cortocircuito en lenguaje KOP.....	58
Figura 6. 37 Lenguaje FUP	59
Figura 6. 38 Contacto normalmente abierto y contacto normalmente cerrado	59
Figura 6. 39 Bobina de salida KOP.....	60
Figura 6. 40 S y R: Activar y desactivar 1 bit.....	60
Figura 6. 41 Temporizadores	61
Figura 6. 42 Función SUMA.....	62
Figura 6. 43 Ventana del portal Inicio	63
Figura 6. 44 Ventana de Dispositivos y redes.....	63
Figura 6. 45 Ventana de Agregar dispositivos.....	64
Figura 6. 46 Ventana de Vista de dispositivos.....	65
Figura 6. 47 Ventana de Catálogo de hardware SM1221	66
Figura 6. 48 Ventana de Catálogo de hardware SM1223	66
Figura 6. 49 Ventana de Vista de CPU y módulos agregados	67
Figura 6. 50 Ventana de Variables del PLC.....	67
Figura 6. 51 Ventana de Variables del PLC ingresadas.....	68
Figura 6. 52 Ventana del Editor de programación	69
Figura 6. 53 Ventana de Compilación del programa del PLC	71
Figura 6. 54 Ventana de configuración de IP de la Programadora	72
Figura 6. 55 Ventana de Dispositivos y redes.....	73
Figura 6. 56 Ventana de Interfaz PROFINET del PLC	73
Figura 6. 57 Ventana de Carga en el dispositivo PLC	74
Figura 6. 58 Ventana de Confirmación de carga del programa en el PLC	74
Figura 6. 59 Ventana de Comprobación del dispositivo PLC.....	75
Figura 6. 60 Ventana de Progreso de carga del programa en el PLC	75
Figura 6. 61 Ventana de Resultados de carga del programa en el PLC.....	75
Figura 6. 62 Ventana de Diálogo para agregar dispositivos	76
Figura 6. 63 Ventana de Diálogo de Conexiones de PLC	77
Figura 6. 64 Ventana de Diálogo de Diseño de imagen.....	77
Figura 6. 65 Ventana de Diálogo de Avisos	78
Figura 6. 66 Ventana de Diálogo de Imágenes	78

Figura 6. 67 Ventana de Diálogo de Imágenes del Sistema.....	79
Figura 6. 68 Ventana de Diálogo de Botones	79
Figura 6. 69 Ventana de Plantilla de HMI creada.....	80
Figura 6. 70 Ventana de Inserción de objetos gráficos	81
Figura 6. 71 Ventana de Propiedades de objetos gráficos	81
Figura 6. 72 Ventana de Enlace de variables del PLC con la HMI	82
Figura 6. 73 Ventana de diseño de la Interfaz definitiva	82
Figura 6. 74 Ventana de Compilación del software de la HMI	83
Figura 6. 75 Ventana de errores del software de la HMI.....	83
Figura 6. 76 Ventana de Vista de redes.....	84
Figura 6. 77 Ventana de Interfaz PROFINET de la HMI	85
Figura 6. 78 Ventana de Carga en el dispositivo HMI.....	85
Figura 6. 79 Ventana de Comprobación del dispositivo HMI	86
Figura 6. 80 Ventanas de Progreso de carga del programa en la HMI	86
Figura 6. 81 Ventana de Resultados de carga del programa en la HMI.....	86
Figura 6. 82 Implementación de tolvas, tuberías y válvulas rotatorias	87
Figura 6. 83 Acople de motores	88
Figura 6. 84 Instalación de tuberías en la Sección Prefabricados Termoplásticos	88
Figura 6. 85 Instalación de tuberías en que se interconectan ambas secciones	89
Figura 6. 86 Acople de las válvulas pinch	89
Figura 6. 87 Fijación de las electroválvulas.....	90
Figura 6. 88 Instalación de tolvas que reciben el PVC en la Sección Calzado Lona.....	90
Figura 6. 89 Conexión de los elementos de control	91
Figura 6. 90 Señalización del tablero de control.....	92
Figura 6. 91 Instalación de la pantalla táctil	92
Figura 6. 92 Conexión de Actuadores de potencia	93
Figura 6. 93 Conexión de los indicadores de nivel	93
Figura 6. 94 Conexión de las electroválvulas	93
Figura 6. 95. Ventana de conexión online	94
Figura 6. 96 Ventana de activación de observación.....	94
Figura 6. 97 Activación del modo manual en la pantalla táctil.....	95
Figura 6. 98 Ventanas de monitoreo de modo manual.....	95
Figura 6. 99 Activación del modo automático en la pantalla táctil.....	96
Figura 6. 100 Ventanas de monitoreo de modo automático.....	96
Figura 6. 101 Funcionamiento del PLC	97
Figura 6. 102 Funcionamiento de los relés de control	97
Figura 6. 103 PVC almacenado en los SK´s	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Plan de recolección de información	34
Tabla 4. 1 Parámetros Establecidos para el abastecimiento de PVC	36
Tabla 4. 2 Observación del proceso actual de abastecimiento de PVC	37
Tabla 6. 1 Tipos de sensores	13
Tabla 6. 2 Distribución de máquinas inyectoras	23
Tabla 6. 3 Características técnicas de los sopladores.....	25
Tabla 6. 4 Características técnicas de los motores de los tornillos sinfín	26
Tabla 6. 5 Características técnicas de los motores de las válvulas rotatorias	26
Tabla 6. 6 Características técnicas del variador de velocidad.....	27
Tabla 6. 7 Características técnicas de las electroválvulas CHANTO.	28
Tabla 6. 8 Características técnicas del pulsador doble Harmony XB4-BL845.....	34
Tabla 6. 9 Características técnicas del pulsador Harmony XB4-BT845	35
Tabla 6. 10 Características técnicas de la alarma luminosa Harmony	35
Tabla 6. 11 Características de los motores del proceso	37
Tabla 6. 12 Catálogo de contactores	38
Tabla 6. 13 Catálogo de guardamotores.....	39
Tabla 6. 14 Catálogo de relés térmicos	40
Tabla 6. 15 Entradas utilizadas en la automatización	45
Tabla 6. 16 Salidas utilizadas en la automatización.....	47
Tabla 6. 17 Tipos de datos que soporta el PLC S7-1200	54
Tabla 6. 18 Áreas de memoria el PLC S7-1200.....	55
Tabla 6. 19 Parámetros de los temporizadores	61
Tabla 6. 20 Presupuesto.	99
Tabla 6. 21 Ingresos económicos adicionales de la empresa	101

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito del presente proyecto está enfocado a controlar y monitorear de manera automática el proceso de abastecimiento de PVC en la Sección Calzado Lona de la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

El contenido de la investigación esta detallada en 6 capítulos descritos a continuación:

En el Capítulo I, se detalla todo lo referente a la problemática que presenta la empresa, y se enmarcan los objetivos que se piensa alcanzar con la investigación.

En el Capítulo II, se investiga y recopila toda la información necesaria y relevante con la cual se pudo adquirir conocimientos fundamentales de los sistemas automáticos y del proceso de abastecimiento de PVC.

En el capítulo III, se detalla la metodología que se utilizó para la recopilación de información necesaria de la empresa y de los procesos involucrados, con el fin de desarrollar el proyecto.

En el Capítulo IV, se interpreta y analiza la información obtenida de la empresa y de los procesos, en base a las observaciones realizadas.

En el Capítulo V, se detallan las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante todo el proceso de observación y análisis de la empresa, tomando muy en cuenta datos relevantes.

Finalmente en el Capítulo VI, se desarrolla y diseña la propuesta del control automático con la capacidad de controlar y monitorear el proceso de abastecimiento de PVC; además se implementa el proyecto tomando en cuenta cada uno de los requerimientos del mismo y utilizando la tecnología actual de automatización como son los PLC's, las HMI's y todos los elementos de control y potencia que fueron seleccionados en base a sus características técnicas.

INTRODUCCIÓN

El constante desarrollo de la tecnología hace que un control automático para abastecimiento de PVC sea de gran importancia para la empresa Plasticaucho Industrial S.A., ya que de esta manera seguirá creciendo en el ámbito de la elaboración de calzado de muy buena calidad.

Uno de los principales beneficios del presente proyecto se enfoca en la reducción del enorme esfuerzo físico que realizan los trabajadores al transportar los sacos de PVC manualmente.

Con un control automático para el adecuado abastecimiento de PVC a la Sección Calzado Lona se busca mejorar su producción y además se optimizará el trabajo de los obreros que laboran en dicha sección, ubicándolos en otras actividades en las cuales verdaderamente se necesite la intervención humana.

El poder monitorear un proceso de forma automática da la oportunidad de controlar los parámetros de producción, así como también permite observar el correcto funcionamiento de la maquinaria; teniendo la capacidad de reacción inmediata en el momento de que alguna máquina o elemento del proceso comience a funcionar de una manera errónea.

Es así que este proyecto pretende dar solución a muchos de los problemas generados en la industria del calzado, en base a la utilización de tecnología actual y al diseño de sistemas automáticos, que tienen como objetivos primordiales optimizar cada uno de los procesos y sobre todo permitir que las empresas se desarrollen tecnológica y económicamente.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA

Control automático para abastecimiento de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

El PVC (policloruro de vinilo) se ha convertido en uno de los polímeros más estudiados y utilizados a nivel mundial por el hombre para su desarrollo y confort, por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, artículos de uso doméstico, envases, fundas, materiales de embalaje, útiles escolares, calzado, juguetes, prendas de vestir y en la industria.

El desarrollo de la tecnología y aplicaciones no ha tenido pausa llegando en nuestros días a una producción de 25 millones de toneladas. Los principales competidores internacionales que comercializan PVC se encuentran ubicados en países como Colombia, USA, Venezuela, México, Corea y Brasil.

En Ecuador las industrias de productos plásticos, se ubican generalmente en Guayas y Pichincha. Así mismo, se debe destacar la rivalidad existente entre las empresas manufactureras de plástico del país, presentándose dos grupos fuertes; uno en la Sierra y otro en la Costa.

En el primero se destacan empresas como EMPAQPLAST S.A., FLEXIPLAST S.A., FUPEL y RHENANIA S.A. En el segundo sobresalen empresas como PICA S.A., TERMOPLASTIC, PLASTIGAMA, CONAPLAS S.A.,

MILANTOP S.A., PLASTIEMPAQUES S.A. y LATIEMBASES S.A. Adicionalmente en otros sectores se encuentran ubicadas diferentes empresas, como el caso de LA FABRIL y ALES en Manta y PLÁSTICOS RIVAL en Cuenca.

En Ambato, la empresa Plasticaucho Industrial S.A. es la única que elabora el PVC y lo utiliza en la misma planta para fabricar botas, calzado lona y las suelas que se emplean en el calzado de cuero. Sin embargo, el sistema de abastecimiento de PVC en la Sección Lona que funciona actualmente es deficiente ya que debido a ello se producen inesperados paros de las máquinas inyectoras que interrumpen el proceso de producción del calzado lona ocasionando pérdidas económicas para la empresa.

1.2.2 ÁRBOL DEL PROBLEMA

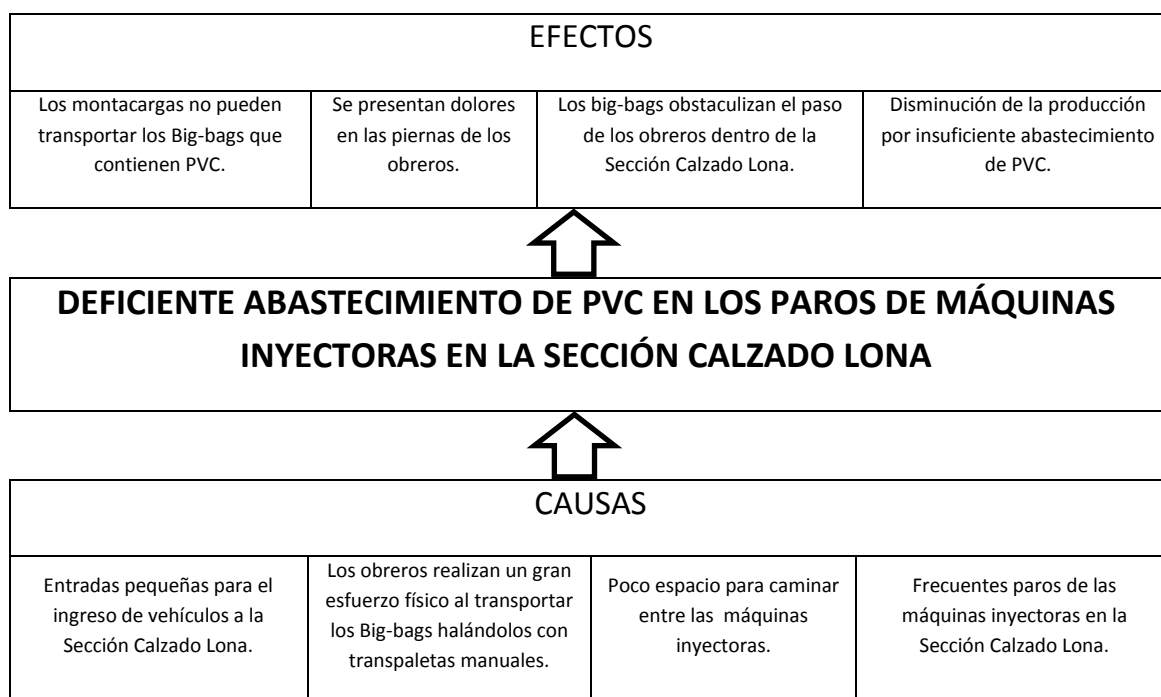


Figura 1. 1 Árbol del problema

Elaborado por: El Investigador

1.2.3 ANÁLISIS CRÍTICO

Actualmente en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. existen entradas muy pequeñas para el ingreso de vehículos a la Sección Calzado Lona, lo cual

provoca que los montacargas no puedan transportar los Big-bags que contienen PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos hasta la Sección Calzado Lona.

Es importante mencionar que los obreros que trabajan en la Sección Calzado Lona, diariamente presentan dolores en sus piernas debido al gran esfuerzo físico que realizan al transportar los Big-bags halándolos con transpaletas manuales.

Además, el poco espacio existente para caminar entre las máquinas inyectoras que están ubicadas dentro de la Sección de Calzado Lona, conlleva a que los big-bags obstaculicen el paso de los obreros limitando así su espacio de trabajo.

Por último, el bajo caudal de los aspiradores utilizados para absorber el PVC desde los big-bags hacia las tolvas de almacenamiento ocasiona que las máquinas inyectoras tengan que parar forzosamente por falta de material.

1.2.4 PROGNOSIS

Si no se implementa un control automático para el abastecimiento de PVC a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A., continuarán los paros inesperados de las máquinas inyectoras por falta de material lo cual conllevará a pérdidas económicas importantes para la empresa; además persistirán las dolencias en las piernas de los obreros corriendo el riesgo de lesiones graves por el gran esfuerzo físico que realizan.

1.2.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera incide el deficiente abastecimiento de PVC en los paros de las máquinas inyectoras de la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.?

1.2.6 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Cuál es el proceso actual que se utiliza para abastecer de PVC a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.?

- ¿Cuál es la frecuencia de paros de las máquinas inyectoras en la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.?
- ¿Qué propuesta se puede plantear para mejorar el abastecimiento de PVC para la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.?

1.2.7 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

CAMPO: Ingeniería Electrónica

ÁREA: Sistemas de control

ASPECTO: Control automático para abastecimiento de PVC

DELIMITACIÓN ESPACIAL: El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Ambato, en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

DELIMITACIÓN TEMPORAL: El presente proyecto de investigación tuvo una duración de 6 meses, a partir de la aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El tema de investigación propuesto es de gran importancia para la empresa Plasticaucho Industrial S.A. puesto que a través de un adecuado abastecimiento de PVC a la Sección Calzado Lona se ha logrado mejorar su producción y además se facilitó el trabajo de los obreros que laboran en dicha sección.

El desarrollo del presente proyecto de investigación permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos hasta el momento, fundamentarlos con una profunda investigación y apoyo bibliográfico existente, que permitieron la consecución de resultados positivos enfocados a lograr un bienestar común entre todos quienes forman parte de Plasticaucho Industrial S.A.

Además, mediante la implementación de la automatización se logró garantizar el correcto funcionamiento del sistema eliminando los paros de máquinas inyectoras y mediante normas técnicas se brindaron las seguridades necesarias que requiere todo proyecto electrónico.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Analizar el proceso de abastecimiento de PVC y su relación con los paros de máquinas inyectoras en la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Realizar un estudio sobre el proceso actualmente utilizado para abastecer de PVC a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.
2. Analizar la frecuencia de paros de las máquinas inyectoras en la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.
3. Plantear una propuesta que permita implementar un control automático para mejorar el abastecimiento de PVC para la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Dentro de los registros bibliográficos que reposan en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, no se logró encontrar un tema similar al planteado. Sin embargo en la Universidad Mayor de San Andrés de Colombia se encontró el siguiente tema:

“Sistema neumático de transporte de compuesto PVC para Plasmar S.A.”
Realizado por: Torrez Ramírez Fernando Javier. Año 1994.

La conclusión del mencionado trabajo de investigación permitirá tener una visión más amplia de la automatización ya que es necesario conocer a la máquina para obtener la siguiente información: procedimiento que se debe seguir en la operación (arranque, paro), dispositivos que intervienen en el proceso (sensores, transductores, motores, etc.), variables a medir, variables a controlar, rangos de operación, función de los dispositivos, entradas y salidas.

2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación se basó en las leyes que regulan el diseño de sistemas de control automático y en el reglamento interno de la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

2.3 GRÁFICA DE INCLUSIÓN DE LAS CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



Figura 2. 1 Categoría Fundamental Variable Independiente

Elaborado por: El Investigador



Figura 2. 2 Categoría Fundamental Variable Dependiente

Elaborado por: El Investigador

2.3.1 CONSTELACIÓN DE IDEAS



Figura 2. 3 Constelación de ideas de la variable independiente

Elaborado por: El Investigador



Figura 2. 4 Constelación de ideas de la variable dependiente

Elaborado por: El Investigador

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.4.1 INGENIERÍA AUTOMÁTICA

La ingeniería automática conocida también como ingeniería de control es el uso de elementos sistemáticos (como control numérico (NC), controladores lógicos programables (PLC) y otros sistemas de control industrial) relacionados con otras aplicaciones de la tecnología de la información, para el control industrial de maquinaria y procesos, reduciendo la necesidad de intervención humana.

En el ámbito de la industrialización, la automatización está un paso por delante de la mecanización. Mientras que la mecanización provee operadores humanos con maquinaria para ayudar a exigencias musculares de trabajo, la automatización reduce considerablemente la necesidad para exigencias humanas sensoriales y mentales. (Martínez, 2001)

2.4.2 MAQUINARIA PARA LA INDUSTRIA PLÁSTICA

Dentro del sector de la maquinaria para la industria plástica, se caracterizan como bienes más importantes las siguientes partidas: máquinas de moldear por inyección, extrusoras y máquinas de moldear por soplado.

2.4.3 MÁQUINAS DE INYECCIÓN

Una máquina inyectora es un equipo capaz de plastificar el material polimérico y bombearlo hacia un molde en donde llena una cavidad y adquiere la forma del producto deseado.

Una inyectora se compone de cuatro unidades principales, como se muestra en la figura 2.5:

- La unidad de cierre
- La unidad de inyección
- La unidad de potencia
- La unidad de control (La Máquina de Inyección 2003)

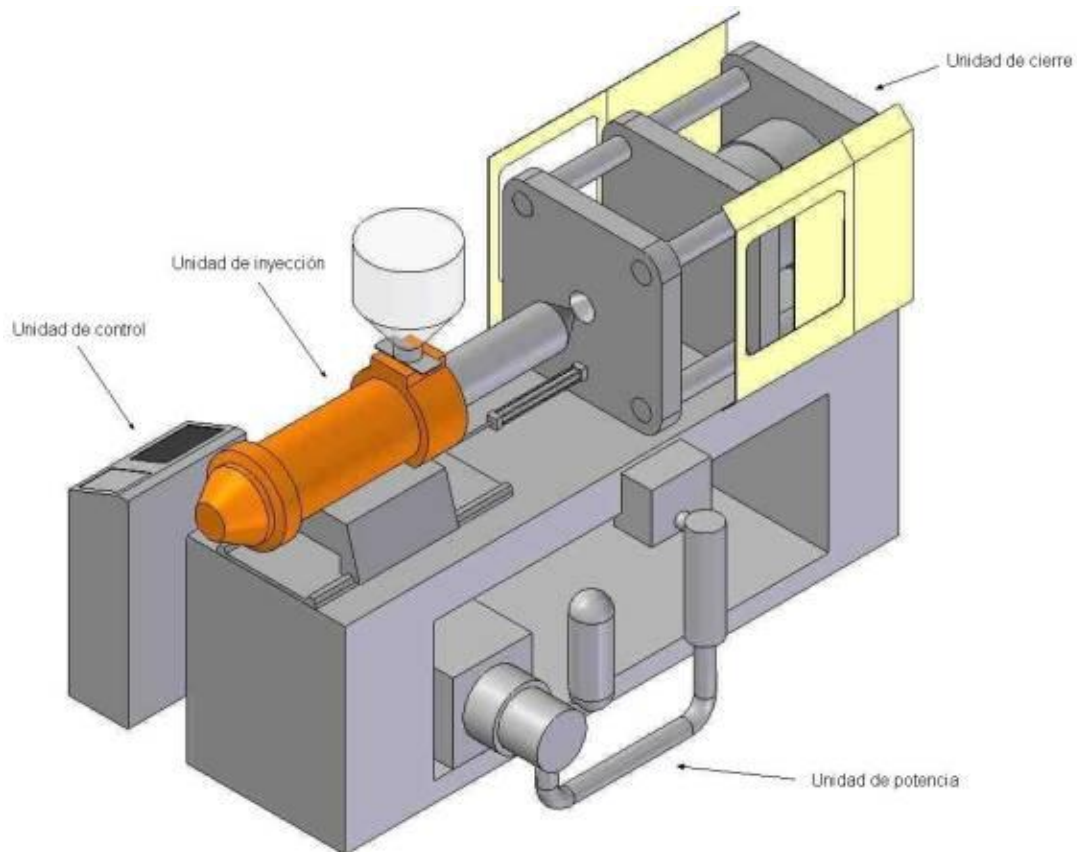


Figura 2. 5 Partes de una maquina inyectora

Fuente:http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/maquina.html

2.4.4 PAROS DE MÁQUINAS INYECTORAS

Un paro de una máquina inyectora es la interrupción del funcionamiento correcto de los elementos dicha máquina, el cual se da por una falla o agente que ocasiona atrasos de producción.

Las fallas más comunes que provocan el paro de una máquina inyectora son las siguientes:

Fallas Mecánicas

Una falla mecánica es aquella que se produce u origina exclusivamente en la estructura mecánica de la máquina inyectora.

Las fallas mecánicas más comunes se producen por el impacto en las piezas del molde o por desgaste a través de su uso.

Fallas Eléctricas

Una falla eléctrica es aquella que se produce en la parte de control y/o potencia de la máquina inyectora.

Generalmente este tipo de fallas requieren un 80% del tiempo para detectarla y un 20% para repararla.

Las fallas eléctricas están expuestas a factores externos como las caídas de tensión o sobrecarga de energía eléctrica y producen fallas en la máquina inyectora.

Fallas Hidráulicas

Las fallas hidráulicas son las que se producen en las válvulas y cilindros de la máquina inyectora, y ocurren cuando el aceite hidráulico se va contaminado con partículas extrañas o cuando presenta pérdida de viscosidad por calentamiento.

El sistema hidráulico es la base para el funcionamiento de la máquina inyectora, a través de una bomba hidráulica y las válvulas correspondientes al movimiento de los cilindros, sin embargo una falla provoca que los elementos de máquina no funcionen correctamente.

Fallas Externas

Las fallas externas son las que se producen por factores externos a los elementos constitutivos de la máquina inyectora.

Generalmente estas fallas surgen por la falta de mantenimiento preventivo, sin embargo, se puede presentar casos en los que la falla sea la falta de material para ser procesado en la tolva de la máquina inyectora.

2.4.5 MANEJO DE MATERIALES

El manejo o movimiento de material se trata de un sistema o combinación de métodos, instalaciones, mano de obra y equipamiento para transporte, embalaje y almacenaje para corresponder a objetivos específicos.

Principios de manejo de material

El Material Handling Institute definió 10 principios de manejo de material. Los 10 principios fundamentales para el proyecto, concepción, análisis y operación de sistemas de manejo de material son los siguientes:

- **Planificación.** Todo el manejo de material debe ser planificado de acuerdo con su necesidad, objetivos de desempeño y especificaciones funcionales propuestas en el inicio del proyecto.
- **Normalización** de los métodos de manejo de material, equipamiento, controles y software, sin perjudicar la flexibilidad, modularidad y las tasas de producción necesarias del sistema. Normalizar métodos de manejo de material y equipamientos reduce la variedad y la personalización de los procesos.
- **Trabajo.** El manejo de material es igual al producto de la tasa de flujo del manejo de material (volumen, peso o cantidad por unidad de tiempo) por la distancia recorrida. El manejo de material debe ser reducido, sin perjudicar la productividad o al nivel de servicio exigido por la operación.
- **Ergonomía.** Es importante reconocer las capacidades y limitaciones humanas, tanto físicas como psicológicas, para así concebir métodos de manejo de material y equipamientos seguros y eficaces.
- **Unidad de carga.** La unidad de carga debe ser dimensionada y configurada de forma que satisfaga los objetivos de flujo de materiales y almacenaje en cada fase de la cadena logística.
- **Utilización del espacio.** Debe ser realizada de forma de hacer el sistema de manejo de material más eficaz y eficiente. En el manejo de material, el concepto de espacio es tridimensional, normalmente considerado como espacio cúbico.
- **Sistema.** Las actividades de manejo y almacenaje deben ser totalmente integradas para crear un sistema operacional coordinado, que englobe la recepción, inspección, almacenaje, producción, montaje, embalaje, selección, expedición, transporte y manejo de devoluciones.
- **Automatización.** Las operaciones de manejo de material deben ser mecanizadas o automatizadas, siempre que sea posible, para así aumentar la eficacia, capacidad de respuesta, uniformidad y previsibilidad del sistema y reducir costes

operacionales, eliminando el trabajo manual repetitivo y potencialmente inseguro.

- **Medio ambiente.** El impacto en el medio ambiente y el consumo de energía deben ser considerados como aspectos relevantes en el proyecto y selección de equipamientos y de sistemas de manejo de material, de modo así preservar los recursos naturales existentes en la Tierra y minimizar los posibles efectos negativos en el medio ambiente.
- **Coste del ciclo de vida.** El análisis económico debe considerar el ciclo de vida de todos los sistemas resultantes del manejo de material, incluido todas las desventajas y gastos desde el momento en que el primer valor es un gasto para proyectar o adquirir un nuevo método o equipamiento de manejo, hasta la eliminación o sustitución total de los métodos o equipamientos. (Manejo de Material, 2011)

2.4.6 TRANSPORTE DE SÓLIDOS

El transporte de sólidos es una etapa crítica en cualquier proceso industrial ya que la productividad del proceso depende en gran medida de la optimización de dicho transporte. Ejecutar este paso en continuo permite además un control exhaustivo de los materiales usados.

2.4.7 ALMACENAMIENTO DE SÓLIDOS

Los sólidos se almacenan con los siguientes métodos:

Almacenamiento en pila o montón

El almacenamiento en pila o montón es utilizado para tonelajes grandes y para su movimiento se emplean transportadores de banda.

Depósitos, tolvas y silos de almacenamiento

Un depósito es la sección superior del recipiente, con lados verticales.

La tolva que tiene por lo menos un lado inclinado, es la sección entre el depósito y la salida del recipiente.

Las partículas sólidas

Los sistemas de partículas sólidas están formados por partículas sueltas, aisladas con un tamaño más o menos uniforme. Según el tamaño de las partículas que forman el sólido se pueden distinguir en:

- Sólidos rotos: partículas de tamaño superior a 3 milímetros
- Sólidos granulares: partículas entre 0,1 y 3 milímetros
- Sólidos polvorientos: partículas de hasta 0,1 milímetros

Los sólidos polvorientos se pueden subdividir a su vez en:

- Superfinos: partículas entre 1 y 10 micras
- Ultra-finos: partículas entre 0.1 y 1 micras

Y según su comportamiento reológico se pueden clasificar como:

- ‘Free flowing’: no se apelmazan durante el almacenamiento
- Cohesivos: se apelmaza durante el almacenamiento. (Transporte de sólidos 2009)

2.4.8 ABASTECIMIENTO DE PVC

PVC (Policloruro de Vinilo)

El PVC es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos; pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles. A partir de procesos de polimerización, se obtienen compuestos en forma de polvo o pellet, plastisoles, soluciones y emulsiones.

Además de su gran versatilidad, el PVC es la resina sintética más compleja y difícil de formular y procesar, pues requiere de un número importante de ingredientes y un balance adecuado de éstos para poder transformarlo al producto final deseado.

Características del PVC

Las principales características del PVC son las siguientes:

Resistente y liviano

Su fortaleza ante la abrasión, bajo peso (1,4 g/cm³), resistencia mecánica y al impacto, son las ventajas técnicas claves para su elección en la edificación y construcción.

Versatilidad

Gracias a la utilización de aditivos tales como estabilizantes, plastificantes y otros, el PVC puede transformarse en un material rígido o flexible, teniendo así gran variedad de aplicaciones.

Estabilidad

Es estable e inerte. Se emplea extensivamente donde la higiene es una prioridad.

Longevidad

Es un material excepcionalmente resistente. Los productos de PVC pueden durar hasta más de sesenta años como se comprueba en aplicaciones tales como tuberías para conducción de agua potable y sanitarios; de acuerdo al estado de las instalaciones se espera una prolongada duración de las mismas. Una evolución similar ocurre con los marcos de puertas y ventanas en PVC.

Seguridad

Debido al cloro que forma parte del polímero PVC, no se quema con facilidad ni arde por si solo y cesa de arder una vez que la fuente de calor se ha retirado. Se emplea eficazmente para aislar y proteger cables eléctricos en el hogar, oficinas y en las industrias. Los perfiles de PVC empleados en la construcción para recubrimientos, cielorrasos, puertas y ventanas, tienen también esta propiedad de ignífugos.

Reciclable

Esta característica facilita la reconversión del PVC en artículos útiles y minimiza las posibilidades de que objetos fabricados con este material sean arrojados en rellenos sanitarios. Pero aún si esta situación ocurriese, dado que el PVC es inerte no hay evidencias de que contribuya a la formación de gases o a la toxicidad de los lixiviados.

Recuperación de energía

Tiene un alto valor energético. Cuando se recupera la energía en los sistemas modernos de combustión de residuos, donde las emisiones se controlan cuidadosamente, el PVC aporta energía y calor a la industria y a los hogares.

Buen uso de los recursos

Al fabricarse a partir de materias primas naturales: sal común y petróleo. La sal común es un recurso abundante y prácticamente inagotable. El proceso de producción de PVC emplea el petróleo (o el gas natural) de manera extremadamente eficaz, ayudando a conservar las reservas de combustibles fósiles. Es también un material liviano, de transporte fácil y barato.

Rentable

Bajo costo de instalación y prácticamente costo nulo de mantenimiento en su vida útil.

Aislante eléctrico

No conduce la electricidad, es un excelente material como aislante para cables. (Policloruro de Vinilo, 2005)

Usos y aplicaciones del PVC

Las principales aplicaciones donde se emplea el PVC se distribuyen en bienes de consumo, construcción, packaging, industria eléctrica, agricultura y otros.

Cabe destacar que debido a las propiedades antes mencionadas que tiene el PVC, es muy importante para el sector de la construcción.

A continuación se detallan los productos obtenidos a partir del PVC y que son empleados en los siguientes sectores:

Construcción

En el sector de la construcción, el PVC es utilizado para la fabricación de: tubos de agua potable y evacuación, ventanas, puertas, persianas, zócalos, pisos, paredes, láminas para impermeabilización (techos, suelos), canalización eléctrica y para telecomunicaciones.

Packaging

Este sector se refiere al empaquetado de ciertos productos y aprovecha el PVC para la elaboración de: botellas para agua y jugos, frascos y potes (alimentos, fármacos, cosmética, limpieza, etc.), láminas o films (golosinas, alimentos), blisters (fármacos, artículos varios).

Mobiliario

En el sector mobiliario el PVC es usado para confección de: muebles de jardín (reposeras, mesas, etc.); piezas para muebles (manijas, rieles, burletes, etc.); placas divisorias.

Electricidad y Electrónica

En este sector el PVC ha sido utilizado durante más de medio siglo, tanto en el aislamiento como en el recubrimiento de cables de diferentes tipos, y actualmente representa un tercio de los materiales usados en esta actividad.

Aplicaciones médicas

En la medicina el PVC es empleado en la elaboración de: Tubos y bolsas para sangre y diálisis, catéteres, válvulas, delantales, botas, etc.

Vestimenta y anexos

En este sector se utiliza el PVC para la fabricación de: calzado (botas, zapatillas), ropa de seguridad, ropa impermeable, guantes, marroquinería (bolsos, valijas, carteras, tapicería).

Automotriz

En la industria automotriz el PVC es usado en la elaboración de: tapicería, paneles para tablero, apoya-brazos, protección anticorrosiva y antivibratoria, etc.

Varios

Además de los múltiples usos del PVC que se han mencionado, muchos artículos que se utilizan a menudo están elaborados a partir de PVC, por ejemplo: tarjetas de crédito, artículos de librería, juguetes, mangueras, art. de riego.

Desventajas del uso del PVC

Una de las materias primas para la fabricación del PVC es el dicloro etano (DCE), el cual es sumamente peligroso y tiene las siguientes desventajas:

- Cancerígeno, induce defectos de nacimiento, daños en los riñones y otros órganos, hemorragias internas y trombos.
- Altamente inflamable, puede explotar produciendo cloruro de hidrógeno y fosgeno (dos de los gases que pueden causar accidentes como el de Bhopal).
- A partir del DCE se genera el gas extremadamente tóxico cloruro de vinilo (VCM):
- Carcinógeno humano probado (International Agency Research of Cancer de Lyon; Centro de Análisis y Programas Sanitarios de Barcelona). Causa angiosarcoma hepático.
- Explosivo. (Usos y aplicaciones del PVC, 2005)

2.4.9 Control Manual

El transporte y control manual de PVC es considerablemente más complejo que el transporte de gases y líquidos. El transporte de sólidos suele pasar primero desde la zona de a la tolva de descarga, y finalmente al equipo de proceso.

El transporte de PVC se realiza manualmente utilizando big-bags de 600 Kg montados en transpaletas que son haladas utilizando la fuerza física de las personas.

El monitoreo del número big-bags que se consumen diariamente se realiza mediante hojas de control.

2.4.10 Sistemas de Control

Un sistema de control es el conjunto de elementos o partes organizadas que interactúan entre sí, valorizando el cumplimiento de sus objetivos mediante parámetros de control estipulados y aplicando medidas correctivas en el caso de desviarse de los objetivos para satisfacer una función deseada.

2.4.10.1 Tipos de Sistemas de Control

Los sistemas de control se pueden clasificar en: Sistemas de bucle o lazo abierto y Sistemas de bucle o lazo cerrado.

a) Sistema de Control de Lazo Abierto

Un sistema de control en lazo o bucle abierto es aquél en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada. La exactitud de estos sistemas depende de su calibración, de manera que al calibrar se establece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.

El sistema se controla bien directamente, o bien mediante un transductor y un actuador. El esquema típico del sistema de lazo abierto se indica en la figura 2.6:

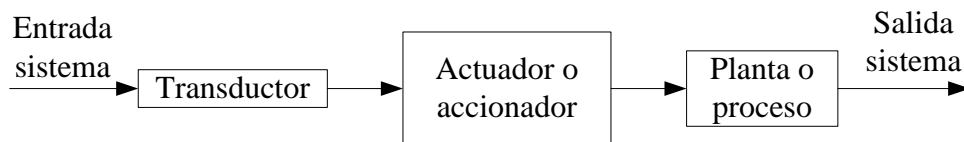


Figura 2. 6 Diagrama de bloques de un sistema abierto con control de transductor.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/tecnologia/herramientas/CourseGenie/control3/index.htm>

b) Sistema de Control de Lazo Cerrado

Un sistema de control de lazo cerrado es aquél en el que la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. La señal de salida influye en la entrada. Para esto es necesario que la entrada sea modificada en cada instante en función de la salida. Esto se consigue por medio de lo que llamamos realimentación o retroalimentación (feedback).

La realimentación es la propiedad de un sistema en lazo cerrado por la cual la salida (o cualquier otra variable del sistema que esté controlada) se compara con la entrada del sistema(o una de sus entradas), de manera que la acción de control se establezca como una función de ambas.

A veces también se le llama a la realimentación transductor de la señal de salida, ya que miden cada instante el valor de la señal de salida y proporciona un valor proporcional a dicha señal.

Por lo tanto podemos definir también los sistemas de control en lazo cerrado como aquellos sistemas en los que existe una realimentación de la señal de salida, de manera que ésta ejerce un efecto sobre la acción de control, como se puede visualizar en la figura 2.7:

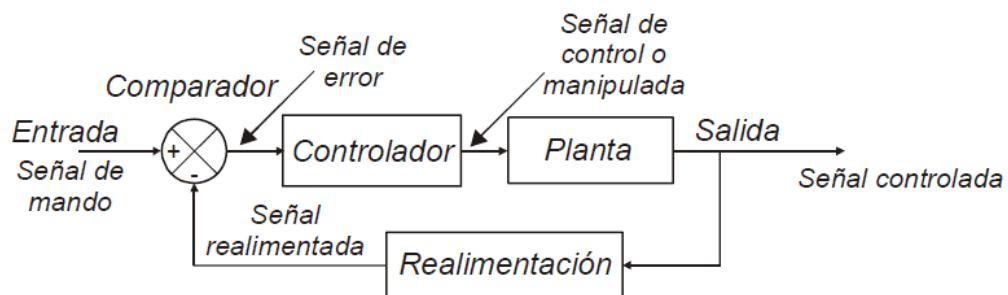


Figura 2. 7 Diagrama de bloques de un sistema cerrado.

Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/tecnologia/herramientas/CourseGenie/control3/index.htm>

2.4.11 Control Automático

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

Función del control automático

La idea básica de lazo realimentado de control es más fácilmente entendida imaginando qué es lo que un operador tendría que hacer si el control automático no existiera.

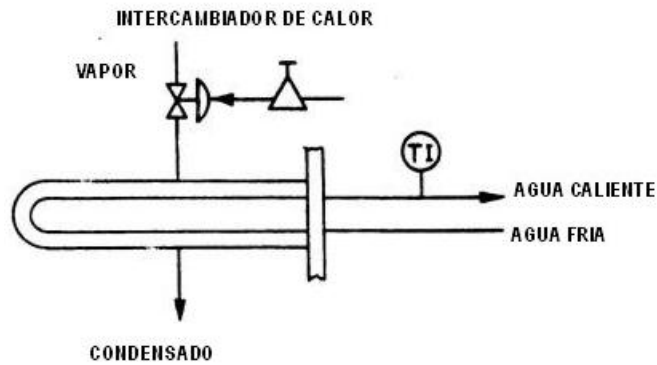


Figura 2. 8 Intercambiador de Calor

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas_de_control.

La figura 2.8 muestra una aplicación común del control automático encontrada en muchas plantas industriales, un intercambiador de calor que usa calor para calentar agua fría. En operación manual, la cantidad de vapor que ingresa al intercambiador de calor depende de la presión de aire hacia la válvula que regula el paso de vapor. Para controlar la temperatura manualmente, el operador observaría la temperatura indicada, y al compararla con el valor de temperatura deseado, abriría o cerraría la válvula para admitir más o menos vapor.

Cuando la temperatura ha alcanzado el valor deseado, el operador simplemente mantendría esa regulación en la válvula para mantener la temperatura constante. Bajo el control automático, el controlador de temperatura lleva a cabo la misma función. La señal de medición hacia el controlador desde el transmisor de temperatura (o sea el sensor que mide la temperatura) es continuamente comparada con el valor de consigna (set-point en Inglés) ingresado al controlador. Basándose en una comparación de señales, el controlador automático puede decir si la señal de medición está por arriba o por debajo del valor de consigna y mueve la válvula de acuerdo a ésta diferencia hasta que la medición (temperatura) alcance su valor final.

El actuador final

Por cada proceso debe haber un actuador final, que regule el suministro de energía o material al proceso y cambie la señal de medición. Más a menudo éste es algún tipo de válvula, pero puede ser además una correa o regulador de velocidad de motor, posicionador, etc.

El proceso

Los tipos de procesos encontrados en las plantas industriales son tan variados como los materiales que producen. Estos se extienden desde lo simple y común, tales como los lazos que controlan caudal, hasta los grandes y complejos como los que controlan columnas de destilación en la industria petroquímica.

El controlador automático

El último elemento del lazo es el controlador automático, su trabajo es controlar la medición. “Controlar” significa mantener la medición dentro de límites aceptables. Todos los controladores automáticos usan las mismas respuestas generales, a pesar de que los mecanismos internos y las definiciones dadas para estas respuestas pueden ser ligeramente diferentes de un fabricante al otro.

Un concepto básico es que para que el control realimentado automático exista, es que el lazo de realimentación esté cerrado. Esto significa que la información debe ser continuamente transmitida dentro del lazo.

El controlador debe poder mover a la válvula, la válvula debe poder afectar a la medición, y la señal de medición debe ser reportada al controlador. Si la conexión se rompe en cualquier punto, se dice que el lazo está abierto.

Tan pronto como el lazo se abre, como ejemplo, cuando el controlador automático es colocado en modo manual, la unidad automática del controlador queda imposibilitada de mover la válvula. Así las señales desde el controlador en respuesta a las condiciones cambiantes de la medición no afectan a la válvula y el control automático no existe. (Instrumentación Industrial, 1998)

2.4.12 Controlador Lógico Programable (PLC)

El PLC se define como un sistema electrónico digital diseñado para trabajar en ambientes industriales, que usa memorias programables para el almacenamiento de instrucciones, con las que implanta funciones específicas, (lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas) para controlar diversos tipos de procesos, a través de módulos de entrada/salida análogos o digitales.

Arquitectura del PLC.

Los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo son los que se observan en la figura 2.9:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser digitales o analógicas. A estas líneas conectaremos los sensores (captadores).
- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.
- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa que el usuario ha introducido.

A parte de éstos se puede disponer de los siguientes elementos:

- Unidad de alimentación.
- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómata con otros dispositivos (como un PC), HMI's, etc.



Figura 2. 9 Diagrama de bloques de la arquitectura de un PLC

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

Unidad Central De Proceso

La CPU es el corazón del autómata programable. Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema (es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema).

Sus funciones del CPU son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog (perro guardián).
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequeo del sistema.

Dentro de la CPU se dispone de un área de memoria, la cual se emplea para diversas funciones (ver figura 2.10):

Memoria del programa de usuario: aquí se introduce el programa que el autómata va a ejecutar cíclicamente.

Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).

Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el autómata.

Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada autómata hace subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

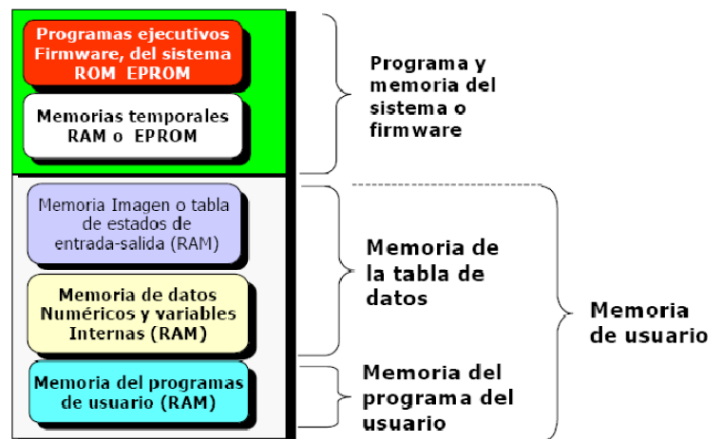


Figura 2. 10 Memorias de un PLC

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

Módulos de Ampliación Digitales.

Los módulos de ampliación digitales reservan siempre un espacio de la imagen del proceso en incrementos de ocho bits (un byte). Si un módulo no dispone de un punto físico para todos los bits de un byte reservado, se pierden estos bits no utilizados y no se pueden asignar a los módulos subsiguientes de ampliación de entradas y salidas.

Refiriéndose a los módulos de salidas, los bits no utilizados en los bytes reservados pueden servir de marcas internas (bits M). En cuanto a los módulos de entrada, los bits no utilizados en los bytes reservados se ponen a cero cada vez que se actualizan las entradas, por lo que no pueden servir de marcas internas.

Módulos de Ampliación Analógicos.

Los módulos de ampliación analógicos se prevén siempre en incrementos de dos puntos. Si un módulo no ofrece E/S físicas para cada uno de dichos puntos, se pierden los mismos y no se pueden asignar a los módulos subsiguientes en la cadena de entradas y salidas.

Puesto que para la E/S analógicas no se prevé ningún espacio en la imagen del proceso, no hay ninguna manera de aprovechar estas entradas y salidas no utilizadas.

Todos los accesos de E/S analógicas se establecen en el mismo instante de ejecutarse la operación.

Variables de estado.

Para caracterizar el estado de un automatismo, en ocasiones, no basta con conocer solamente el valor de las variables de entrada, se necesita además, conocer el estado de un conjunto de variables (variables de estado) que permitan “prever” cuál será la evolución del automatismo en función de los cambios ocurridos en las variables de entrada.

Señal binaria, estado de señal.

Una señal binaria es aquella que puede tomar solamente dos estados, el autómata consulta el valor de sus entradas según los siguientes estados:

- Existe tensión.
- No existe tensión.

A partir de estos datos y según el programa activa o desactiva los aparatos conectados a sus salidas.

En ambos casos se encuentra una clara y diferenciada situación de los estados, conocida como:

Estado de señal “0” → No existe tensión → Desactivado.

Estado de señal “1” → Existe tensión → Activado.

Estos dos estados de señal son los dos valores diferentes que puede tomar una señal binaria.

Conceptos de bit, byte y palabra.

Bit: Unidad del símbolo binario, solamente puede tomar los valores “0” y “1”.

En ocasiones, el bit es insuficiente para definir determinados aspectos de una automatización. Debiendo recurrir a conjuntos formados por varios símbolos binarios (byte).

Byte: Conjunto de 8 símbolos binarios, es decir, el byte tiene una longitud de 8 bits, cada uno de los cuales puede tomar cualquier valor entre 0 y 1.

Palabra: En un PLC los bits se asocian en grupos. Como se ha dicho, 8 bits se denominan byte. Y cada bit en dicho grupo está exactamente definido por una posición propia que tiene una dirección específica. Un byte tiene una dirección de byte y direcciones de bit 0...7. Un grupo de 2 bytes se denomina palabra.

En un PLC una palabra permite representar valores numéricos de -32768 a +32767.

Instrucción de control

Una instrucción de control constituye la menor unidad dentro de un programa de usuario PLC.

Una instrucción consta de operación y operando, como se puede apreciar en la figura 2.11:

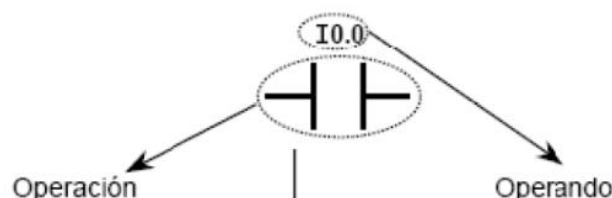


Figura 2. 11 Instrucción de control

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

Operación.

Determina qué función debe ejecutarse a la hora de tratar una instrucción de control (¿Qué hay que hacer?).

Operando.

El operando incluye la información necesaria para una instrucción de control. El operando consta de identificador de operando y de un parámetro, como se ve en la figura 2.12:



Figura 2. 12 Partes del operando

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

El identificador define el área del PLC en donde se está realizando algo, por ejemplo una entrada (I).

El parámetro es la dirección del operando. Consta por ejemplo de dirección de byte y de bit.

Estructura de un operando.

A continuación en la figura 2.13 se muestra la estructura clásica de un operando:

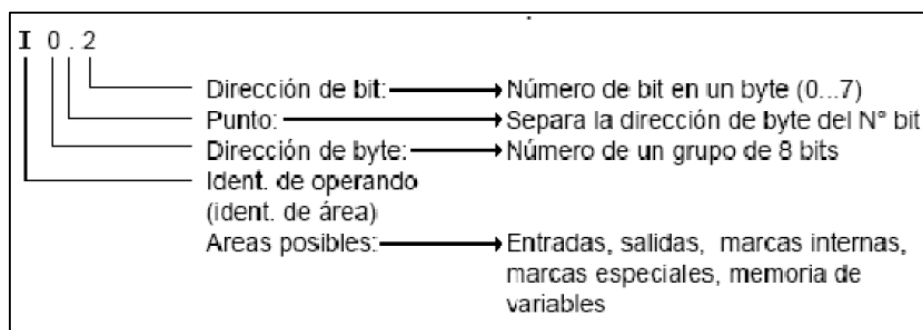


Figura 2. 13 Estructura de un operando

Fuente: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

Direccionamientos.

Direccionamiento de entradas y salidas

En primer lugar el autómatas utiliza un operando distintivo:

- **I** para denominar entradas.
- **Q** para denominar salidas.

Junto con el distintivo de entrada o salida aparece el parámetro 0.4, 1.2 ó 4.7. El parámetro consiste en una combinación:

- ✓ 0., 1. ó .4. → Byte.
- ✓ .4, .2 ó .7 → bit. (Manual del Sistema del Controlador S7-1200, 2009)

2.4.13 Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

La HMI es el dispositivo o sistema que permite la interfaz entre la persona y la máquina.

Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso.

En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementados con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como se muestra a continuación en la figura 2.14:

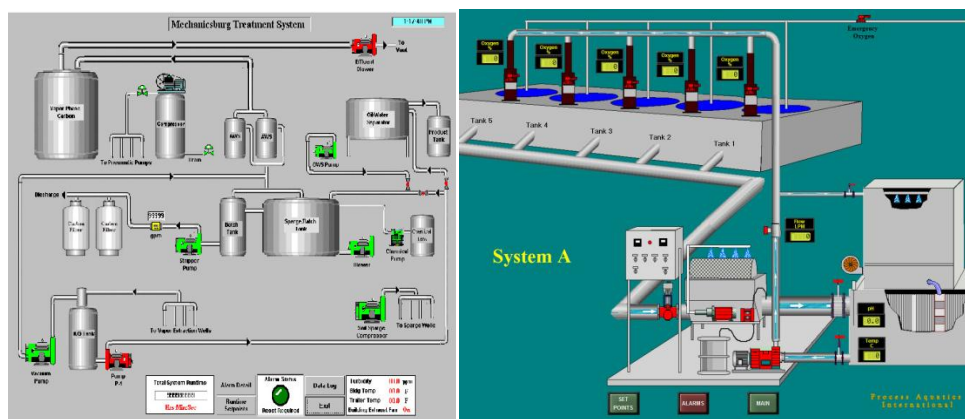


Figura 2. 14 Ejemplos de HMI de procesos

Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/%5CIntroduccion%20HMI>

Tipos de HMI

Se pueden distinguir básicamente dos tipos de HMI's:

a. Terminal de Operador

Consiste en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (*touchscreen*).

b. PC + Software

Constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. El tipo de PC que se utilice depende de los requerimientos del proyecto, existen los PC's llamados Industriales (para ambientes agresivos), los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador, y en general se encuentran muchas formas de hacer un PC, incluso el tradicional PC de escritorio.

Funciones de un Software HMI

Las funciones de una HMI son las siguientes:

- **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.
- **Alarmas:** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- **Control:** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá de la supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana.

- **Históricos:** Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos. (Manual de SIMATIC HMI,2009)

2.5 HIPÓTESIS

¿ El proceso de abastecimiento de PVC influye en el paro de máquinas inyectoras en la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. ?

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

Variable Independiente: Paros de máquinas inyectoras

Variable Dependiente: Abastecimiento de PVC

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tuvo un enfoque cuali-cuantitativo, debido a que la recolección de datos numéricos se realizó directamente desde el campo de análisis, se llevó a cabo una exploración profunda, haciendo de esta investigación un estudio objetivo y controlado cuyas respuestas fueron confiables, a más de esto se tomó datos de calidad buscando las causas y la explicación de los hechos que se estudió, ya que se basó en una realidad estable.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se contextualizó en la modalidad de investigación de campo y documental-bibliográfica.

De campo porque se realizó un estudio sistemático de los hechos en el lugar donde se producen los acontecimientos y documental bibliográfica porque se tuvo como propósito detectar, profundizar y ampliar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores, basándose en diferentes documentos, como por ejemplo diarios, revistas y otras publicaciones.

3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación tuvo un nivel **exploratorio** pues se reconoce las variables que competen a las cuales se da una mayor amplitud y dispersión. Un nivel

descriptivo que permitió dar pronósticos básicos, para lo cual se requirió un conocimiento suficiente de la situación. El nivel **explicativo** detectando las causas de determinados comportamientos, explicando los factores precisos de ciertos procedimientos. Por último la **asociación de variables** también estuvo presente evaluando las variables de comportamiento, midiendo el grado de relación entre las mismas.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

En el presente trabajo de investigación se realizaron 60 tomas de procesos de abastecimiento de PVC, es decir, se tomó una muestra por cada turno de trabajo durante 20 días.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

La técnica que se empleó en la presente investigación fue la observación.

Observación.- Mediante la observación se detectan problemas que se encuentran en nuestro entorno, y mediante nuestros sentidos recogemos datos para su posterior análisis e interpretación que nos permita llegar a conclusiones y a la toma de decisiones.

3.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Diseño y elaboración de los instrumentos de recolección de información a partir de la matriz operacional de variables.

Tabla 3. 1 Plan de recolección de información

Preguntas Básicas	
¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación
¿De qué personas u objetos?	Personal que labora en la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.
¿Sobre qué aspectos?	Constelación de ideas de las variables
¿Quién?	Investigador: Gabriel Vaca
¿Cuándo?	Marzo 2012
¿Dónde?	Plasticaucho Industrial S.A.
¿Cuántas veces?	Las necesarias
¿Qué técnicas de recolección?	Observación
¿Con qué?	Cuestionarios

Elaborado por: El Investigador

3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez aplicados los instrumentos y analizados se procedió a la tabulación de datos cualitativos y cuantitativos.

Acto seguido se procedió al análisis:

- Revisión crítica de la información recurrida, es decir limpieza de información defectuosa, contradictoria, incompleta, no permitente, etc.
- Repetición de la recolección en casos para corregir fallas de contestación.

- Tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis.
- Cuadro de cartas de control: por variable, por atributos.
- Manejo de la información estudio estadístico de datos para presentación de resultados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

El siguiente análisis, corresponde a los resultados obtenidos de la observación realizada en 60 turnos de trabajo en la Sección Prefabricados Termoplásticos y en la Sección de Calzado Lona, la cual proporcionó información referente a la actual condición del proceso de abastecimiento de PVC.

La información obtenida fue tabulada y analizada de forma sistemática de acuerdo a los parámetros establecidos que se muestran en la tabla 4.1, además interpretados estadísticamente para obtener resultados precisos y confiables.

Tabla 4. 1 Parámetros Establecidos para el abastecimiento de PVC

ABASTECIMIENTO POR TURNO			
PVC NEGRO (sacos)	PESO (Kg)	PVC BLANCO (sacos)	PESO (Kg)
12	7200	13	7800

Elaborado por: El Investigador

La Tabla 4.1 hace referencia al número de sacos de PVC negro y blanco que deben ser abastecidos para así evitar que existan paros de máquinas en la Sección Calzado Lona.

Tabla 4. 2 Observación del proceso actual de abastecimiento de PVC

FECHA	TURNO (8 horas)	ABASTECIMIENTOS				PAROS DE MÁQUINA			MOTIVO
		PVC NEGRO(sacos)	PESO (Kg)	PVC BLANCO(sacos)	PESO (Kg)	CANTIDAD	MÁQUINA	TIEMPO	
01/03/2012	mañana	12	7200	12	7200	0			
01/03/2012	tarde	11	6600	11	6600	1	DE01	0:30:00	desabastecimiento de PVC blanco
01/03/2012	velada	12	7200	13	7800	1	DE10	1:30:00	falla mecánica
02/03/2012	mañana	11	6600	13	7800	0			
02/03/2012	tarde	12	7200	13	7800	0			
02/03/2012	velada	12	7200	10	6000	2	DE04-DE06	1:00:00	desabastecimiento de PVC blanco
03/03/2012	mañana	10	6000	10	6000	2	TK02-DE08	0:50:00	desabastecimiento de PVC blanco y negro
03/03/2012	tarde	12	7200	12	7200	0			
03/03/2012	velada	11	6600	9	5400	1	DE12	0:20:00	desabastecimiento de PVC blanco
04/03/2012	mañana	11	6600	13	7800	0			
04/03/2012	tarde	12	7200	13	7800	0			
04/03/2012	velada	11	6600	12	7200	0			
05/03/2012	mañana	12	7200	13	7800	0			
05/03/2012	tarde	10	6000	11	6600	1	OB03	0:30:00	desabastecimiento de PVC negro
05/03/2012	velada	12	7200	10	6000	1	OB02	0:40:00	desabastecimiento de PVC blanco
06/03/2012	mañana	12	7200	13	7800	0			

06/03/2012	tarde	11	6600	13	7800	0			
06/03/2012	velada	11	6600	12	7200	0			
07/03/2012	mañana	11	6600	13	7800	0			
07/03/2012	tarde	9	5400	12	7200	2	OB01-OB03	1:20:00	desabastecimiento de PVC negro
07/03/2012	velada	12	7200	13	7800	0			
08/03/2012	mañana	10	6000	13	7800	1	DE07	1:00:00	falla mecánica
08/03/2012	tarde	11	6600	10	6000	2	DE01-DE08	0:45:00	desabastecimiento de PVC blanco y negro
08/03/2012	velada	11	6600	12	7200	0			
09/03/2012	mañana	12	7200	13	7800	0			
09/03/2012	tarde	12	7200	9	5400	1	DE06	0:30:00	desabastecimiento de PVC blanco
09/03/2012	velada	11	6600	13	7800	0			
10/03/2012	mañana	11	6600	13	7800	0			
10/03/2012	tarde	11	6600	13	7800	0			
10/03/2012	velada	12	7200	12	7200	0			
11/03/2012	mañana	12	7200	13	7800	0			
11/03/2012	tarde	11	6600	10	6000	1	DE12	0:35:00	desabastecimiento de PVC blanco
11/03/2012	velada	12	7200	12	7200	0			
12/03/2012	mañana	13	7800	13	7800	0			
12/03/2012	tarde	9	5400	12	7200	1	TK01	0:30:00	desabastecimiento de PVC negro
12/03/2012	velada	12	7200	11	6600	0			

13/03/2012	mañana	11	6600	13	7800	0			
13/03/2012	tarde	12	7200	13	7800	0			
13/03/2012	velada	11	6600	13	7800	0			
14/03/2012	mañana	8	4800	11	6600	1	OB04	1:30:00	falla eléctrica
14/03/2012	tarde	12	7200	12	7200	0			
14/03/2012	velada	12	7200	13	7800	0			
15/03/2012	mañana	12	7200	10	6000	1	DE04	0:10:00	desabastecimiento de PVC blanco
15/03/2012	tarde	11	6600	12	7200	0			
15/03/2012	velada	13	7800	13	7800	0			
16/03/2012	mañana	11	6600	12	7200	0			
16/03/2012	tarde	11	6600	13	7800	0			
16/03/2012	velada	12	7200	12	7200	0			
17/03/2012	mañana	10	6000	13	7800	1	DE10	0:25:00	desabastecimiento de PVC negro
17/03/2012	tarde	12	7200	13	7800	0			
17/03/2012	velada	9	5400	12	7200	1	DE10	0:50:00	desabastecimiento de PVC negro
18/03/2012	mañana	11	6600	12	7200	0			
18/03/2012	tarde	10	6000	13	7800	1	OB03	0:35:00	desabastecimiento de PVC negro
18/03/2012	velada	11	6600	13	7800	0			
19/03/2012	mañana	11	6600	13	7800	0			
19/03/2012	tarde	12	7200	11	6600	1	DE11	0:45:00	falla mecánica

19/03/2012	velada	8	4800	11	6600	2	OB01	1:15:00	desabastecimiento de PVC negro
20/03/2012	mañana	11	6600	12	7200	0			
20/03/2012	tarde	11	6600	13	7800	0			
20/03/2012	velada	12	7200	10	6000	1	DE12	0:20:00	desabastecimiento de PVC blanco
PROMEDIO POR TURNO		11,18	6710	12,05	7230	1,24		0:15:50	

Elaborado por: El Investigador

4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

En base a la tabla 4.2 se puede realizar el siguiente análisis:

El promedio de sacos de PVC negro abastecidos por turno es de 11,18 sacos o 6710 Kg , por lo tanto esta cantidad de PVC negro es insuficiente para satisfacer la demanda existente, considerando que el parámetro establecido es de 12 sacos de PVC negro por turno.

El promedio de sacos de PVC blanco abastecidos por turno es de 12.05 sacos o 7230 Kg , por lo tanto esta cantidad de PVC blanco es insuficiente para satisfacer la demanda existente, considerando que el parámetro establecido es de 13 sacos de PVC blanco por turno.

El promedio de paros de máquina es de 1,24 por turno lo cual representa una alta frecuencia de interrupciones en la producción de calzado lona.

El tiempo promedio de producción que se pierde es de 15 minutos con 50 segundos en cada turno, lo cual es causado en un 85% por el desabastecimiento de PVC tanto negro como blanco y en un 15% por fallas mecánicas y eléctricas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En base al estudio realizado y los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. Existe una gran demanda de PVC negro y PVC blanco para la producción del calzado lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.
2. El desabastecimiento de PVC tanto negro como blanco es el motivo principal para que exista un elevado número de paros de máquinas inyectoras en cada turno de trabajo.
3. El promedio de tiempo perdido en cada turno es alto y muy determinante en la producción de calzado lona.
4. Una de las carencias principales del proceso de abastecimiento de PVC es el control manual que se utiliza en cada turno.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aumentar la producción de PVC en la Sección de Prefabricados Termoplásticos para abastecer a la Sección de Calzado Lona.
2. Se recomienda prestar mucha atención en los diferentes factores que conllevan al desabastecimiento de PVC con el propósito de corregirlos.
3. Se recomienda elaborar informes diarios sobre la pérdida de producción diaria causada por los paros de máquina.

4. Se recomienda implementar un control automático para un eficiente abastecimiento de PVC a la Sección de Calzado Lona.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

- **Tema**
Control automático para abastecimiento de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.
- **Institución Ejecutora:**
Universidad Técnica de Ambato (Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial)
- **Beneficiarios:**
Plasticaucho Industrial S.A.
- **Ubicación:**
Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Panamericana Norte
- **Tiempo estimado para la ejecución:**
4 meses
- **Equipo Técnico responsable:**
Investigador: Gabriel Vaca
Tutor: Ing. Edwin Morales
Entidad: Universidad Técnica de Ambato (FISEI)

6.2 ANTECEDENTES

Luego de la investigación realizada se constató que en la Sección Calzado Lona en muchas ocasiones se están presentando paros inesperados de máquinas inyectoras, causados en su mayoría por el deficiente proceso de abastecimiento de PVC desde la

Sección Prefabricados Termoplásticos; lo cual conlleva a una pérdida importante de tiempo, limitando de esta manera el desarrollo tanto de la producción como de la empresa en sí.

Actualmente la empresa está controlando el abastecimiento de PVC de forma manual, lo cual implica que los trabajadores tengan que estar pendientes a cada momento del transporte de los sacos de PVC usando transpaletas manuales desde la Sección Prefabricados Termoplásticos hasta la Sección Calzado Lona, con lo cual se limitan las actividades de cada persona.

Es así que con la observación y análisis realizado se notó que se puede mejorar sustancialmente el método que se utiliza para el abastecimiento de PVC, y de esta manera satisfacer la demanda existente en la planta.

6.3 JUSTIFICACIÓN

El constante desarrollo de la tecnología hace que un control automático para abastecimiento de PVC sea de gran importancia para la empresa Plasticaucho Industrial S.A., ya que de esta manera seguirá creciendo en el ámbito de la elaboración de calzado de muy buena calidad.

Con un control automático para el adecuado abastecimiento de PVC a la Sección Calzado Lona se logrará mejorar su producción y además se optimizará el trabajo de los obreros que laboran en dicha sección ubicándolos en otras actividades en las cuales verdaderamente se necesite la intervención humana.

Uno de los principales beneficios del presente proyecto se enfoca en la reducción del enorme esfuerzo físico que hoy en día realizan los trabajadores al verse obligados a transportar los sacos de PVC utilizando transpaletas manuales.

El poder monitorear un proceso de forma automática da la oportunidad de controlar los parámetros de producción, así como también nos permite observar el correcto funcionamiento de la maquinaria; teniendo la capacidad de reacción inmediata en el momento de que alguna máquina o elemento del proceso comience a funcionar de una manera errónea.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un control automático para abastecimiento de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los parámetros fundamentales que se van a controlar en cada etapa del proceso.
- Identificar los sensores, actuadores y elementos de control que mejor se adapten a los requerimientos del control automático.
- Realizar la conexión de todos los elementos involucrados en un tablero de control adecuado.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del control automático que garanticen su correcta operación.

6.5 ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD

6.5.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

La Factibilidad Técnica consistió en realizar un análisis de las diversas tecnologías de automatización disponibles, este estudio estuvo destinado a recolectar información sobre los requerimientos tecnológicos que deben ser adquiridos para la implementación y puesta en marcha del proyecto.

El presente proyecto es factible técnicamente debido a que existen los equipos necesarios y documentación respectiva para su estudio y posterior implementación, además de varias alternativas que permitirán escoger el sistema más apropiado y el que mejor se adapte a las necesidades de la empresa.

6.5.2 FACTIBILIDAD OPERATIVA

Desde el punto de vista operativo la propuesta es factible debido a que Plasticaucho Industrial S.A. cuenta con una infraestructura física adecuada, además quienes

conforman la empresa están de acuerdo y muy conscientes de que se va a mejorar la producción con la implementación de un control automático para el abastecimiento de PVC.

6.5.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Este proyecto es muy factible económicamente ya que la empresa brindará el apoyo económico necesario para la implementación del mismo.

6.6 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO – TÉCNICA

Previo a desarrollar el presente proyecto, es importante conocer acerca de los principales elementos de los circuitos de mando, protección y potencia de baja tensión.

6.6.1 Fusible

El fusible es un pequeño dispositivo que permite el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica.

El mecanismo que posee el fusible para cortar el paso de la electricidad consta básicamente en que, una vez superado el valor establecido de corriente permitido, el dispositivo se derrite, abriendo el circuito, lo que permite el corte de la electricidad. De no existir este mecanismo, o debido a su mal funcionamiento, el sistema se recalentaría a tal grado que podría causar, incluso, un incendio.

6.6.2 Interruptor

El interruptor es un elemento de maniobra con dos posiciones estables, interrumpe o establece la circulación de corriente eléctrica.

Dentro de los circuitos de control en baja tensión es posible encontrarlos como elementos de maniobra, aunque en estos casos se suele emplear otros términos como posicionador, selector, interruptor de posición o conmutador.

Interrupor Automático

Un interruptor automático, disyuntor, breaker o pastilla es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

El interruptor automático puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar, los cuales se detallan a continuación:

- Unipolar: Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 1 cable.
- Bipolar: Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por dos cables. Puede ser un vivo y el neutro o dos fases.
- Tripolar: Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por tres cables.
- Tetrapolar: Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 4 cables.

En la figura 6.1, puede verse como son estos interruptores automáticos.



Figura 6. 1 Interruptor automático: unipolar, bipolar, tripolar y Tetrapolar

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor>

6.6.3 Pulsador

Un pulsador es un contacto que tiene una sola posición estable. Esta posición estable permitirá el paso de corriente y en este caso será un pulsador normalmente cerrado o pulsador de apertura (o pulsador de paro), o bien no lo permitirá y será un pulsador normalmente abierto o pulsador de cierre (o pulsador de marcha), como se muestra en la figura 6.2:



Figura 6. 2 Pulsador NO Y NC respectivamente

Fuente: http://www.siemens.com.mx/A&D/en/t_nav238.html

6.6.4 Relé

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán.

Su funcionamiento se basa en el fenómeno electromagnético, cuando la corriente atraviesa la bobina, produce un campo magnético que magnetiza un núcleo de hierro dulce (ferrita), este atrae al inducido que fuerza a los contactos a tocarse. Cuando la corriente se desconecta vuelven a separarse.

En la figura 6.3 se pueden apreciar las partes constitutivas de un relé:

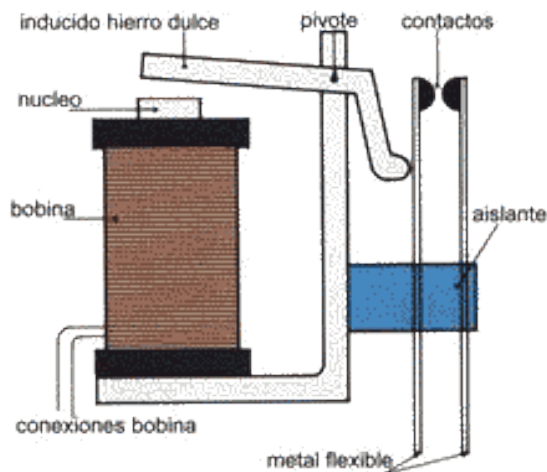


Figura 6. 3 Partes de un relé

Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele>

Los tipos de relé que se utilizan en un control automático son los siguientes:

Relés usados en protección.

Son dispositivos que muestrean una o varias magnitudes eléctricas y en función de su valor o de la relación entre las magnitudes son capaces de detectar si existe un mal funcionamiento del sistema que están controlando.

Esta condición suele ser la de una excesiva intensidad, por una excesivamente grande o pequeña tensión o frecuencia, por una inadecuada dirección de la potencia, por una baja o elevada intensidad en el circuito etc.

Al advertir una determinada condición indicativa de un mal funcionamiento, o bien se produce la apertura de sus polos (contactos) interrumpiendo la alimentación de un circuito eléctrico o máquina, o bien dan la orden de apertura al dispositivo encargado de la desconexión.

Los principales y más sencillos relés de protección que se encuentran en una instalación son los siguientes:

- **Relés térmicos:**

Son aquellos relés que protegen al circuito frente a sobrecargas (intensidades por encima de la nominal); no actúan instantáneamente sino que el tiempo que tardan en abrir sus polos (o dar la orden de apertura) depende de cuánto más elevada es la intensidad por encima de la nominal.

- **Relés magnetotérmicos:**

Son aquellos que además de su característica térmica tienen un elemento que opera instantáneamente por acciones electromagnéticas cuando la intensidad es muy superior a la nominal, previsiblemente porque existe un cortocircuito cercano; la acción magnética puede llevar incorporada un retardo independiente de la intensidad.

Relés usados en control.

Son aquellos que se encuentran en el circuito de control. Son muy típicos los:

- **Relés de tiempo o temporizados:** son los relés de retardo a la conexión o los relés de retardo a la desconexión.
- **Relés de conmutación:** son los que abren o cierran sus contactos cuando se alimenta su bobina; se asemejan a los contactores pero sin contactos principales.

6.6.5 Contactor

El contactor es un elemento de accionamiento electromagnético con una posición de reposo. Su misión es la de establecer la corriente de alimentación de un dispositivo eléctrico (típicamente un motor) al ser accionado, o bien modificar la forma en que se alimenta el dispositivo eléctrico.

Esto se consigue aplicando tensión a la bobina del contactor. Cuando la bobina deja de ser excitada, sus contactos volverán a su estado de reposo dejando de alimentar la instalación o motor al que estaba conectado. El contactor sirve para comunicar las órdenes finales obtenidas del circuito de mando al circuito principal, aunque no hay contacto eléctrico entre ambos.

Los principales constituyentes del contactor se ilustran en la figura 6.4 y se detallan a continuación:

1. El electroimán: Formado por un circuito magnético y una bobina. Es el órgano activo. Cuando se aplica una tensión a la bobina, el yugo (parte fija del circuito magnético) atrae al martillo (parte móvil), y este en su movimiento, arrastra a todos los contactos que van solidariamente unidos a él.
2. Los polos o contactos principales: Son los elementos que establecen y cortan las corrientes del circuito principal.
3. Contactos auxiliares: Son los elementos que establecen y cortan corrientes en el circuito de mando. Realizan las funciones de señalización, enclavamiento, autorretención.

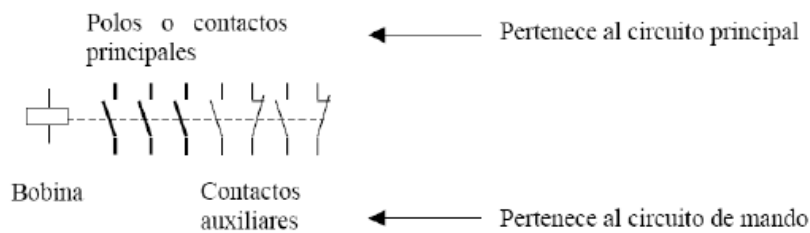


Figura 6. 4 Contactor trifásico

Fuente: www.electricidad-viatger.blogspot.com/2009/02/el-contactor.html

6.6.6 Guardamotor

El guardamotor es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos.

Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobrecargas transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

Las características principales de los guardamotors, al igual que de otros interruptores automáticos magneto-térmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a

sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

6.6.7 Sensores

Los sensores son transductores (convierte un tipo de energía a otra) que miden cierto tipo de energía, la energía detectada se convierte en impulsos eléctricos que son captados por las máquinas de control. Esta información la utilizan los operadores lógicos o bien puede ser analizada por un ser humano.

Magnitudes y medidas.

Una magnitud es una propiedad física susceptible de ser medida. Por ejemplo: temperatura, presión, velocidad, corriente, etc.

En el mundo físico existen seis tipos de magnitudes:

- Mecánicas (Ejemplo: velocidad, fuerza, presión)
- Térmicas (Ej.: temperatura, cantidad de calor)
- Magnéticas (Ej.: intensidad de campo magnético, flujo)
- Eléctricas (Ej.: tensión, corriente)
- Ópticas (Ej.: color, intensidad luminosa)
- Moleculares o químicas (Ej.: concentración de una sustancia, acidez)

Medir es comparar la cantidad (de una magnitud) con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera.

En la tabla 6.1 se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos.

Tabla 6. 1 Tipos de sensores

Magnitud	Transductor
Posición lineal o angular	Potenciómetro
	Encoder
	Sensor Hall
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación

	lineal
	Galga extensiométrica
	Magnetostrictivos
	Magnetorresistivos
	LVDT
Velocidad lineal y angular	Dinamo tacométrica
	Encoder
	Detector inductivo
	Servo-inclinómetros
	RVDT
	Giróscopo
Aceleración	Acelerómetro
	Servo-accelerómetros
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica
	Triaxiales
Presión	Membranas
	Piezoeléctricos
	Manómetros Digitales
Caudal	Turbina
	Magnético
Temperatura	Termopar
	RTD
	Termistor NTC
	Termistor PTC
	[Bimetal - Termostato]]
Sensores de presencia	Inductivos
	Capacitivos
	Ópticos

Sensores táctiles	Matriz de contactos
	Piel artificial
Visión artificial	Cámaras de video
	Cámaras CCD o CMOS
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera
	Sensor capacitivo
	Sensor inductivo
	Sensor fotoeléctrico
Sensor acústico (presión sonora)	micrófono
Sensores de acidez	IsFET
Sensor de luz	fotodiodo
	Fotorresistencia
	Fototransistor
	Célula fotoeléctrica
Sensores captura de movimiento	Sensores inerciales

Fuente: www.uv.es/ramirez/Docencia/IE/Principios_generales.pdf

Características deseables de los sensores.

Las principales características que un sensor debe tener son las siguientes:

Exactitud: Indica la capacidad de un sensor o un instrumento de medida para dar lecturas que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida. Se considera que el verdadero valor es el que se obtendría si la magnitud se midiera con un método ejemplar.

Precisión: Para poder comparar varios sensores entre sí en cuanto a su exactitud, se introduce el concepto de clase de precisión. Todos los sensores de una misma clase tienen el mismo error en la medida.

Rango de funcionamiento: El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

Velocidad de respuesta: El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

Calibración: El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

Fiabilidad: No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

Resolución: Es el menor cambio en la variable del proceso capaz de producir una salida perceptible en el instrumento.

6.6.8 Electroneumática

Es la aplicación en donde se combinan dos importantes ramos de la automatización como son la neumática (Manejo de aire comprimido) y electricidad y/o la electrónica.

En la electroneumática los actuadores siguen siendo neumáticos, los mismos que en la neumática básica, pero las válvulas de gobierno mandadas neumáticamente son sustituidas por electroválvulas activadas con electroimanes en lugar de pilotadas con aire comprimido.

Se suele decir que la neumática es la fuerza y la electricidad los nervios de un sistema de control automático.

Electroválvulas.

Las electroválvulas son convertidores electroneumáticos que transforman una señal eléctrica en una actuación neumática.

Constan de una válvula neumática como medio de generar una señal de salida, y de un accionamiento eléctrico denominado solenoide. La aplicación de una corriente al solenoide genera una fuerza electromagnética que mueve la armadura conectada a la leva de la válvula.

Las electroválvulas pueden ser monoestables o biestables.

a. Electroválvulas monoestables.

Tienen una sola bobina también llamada solenoide, y se reposicionan automáticamente mediante muelle en el momento en que se deja de actuar eléctricamente sobre el solenoide (Ver figura 6.5).

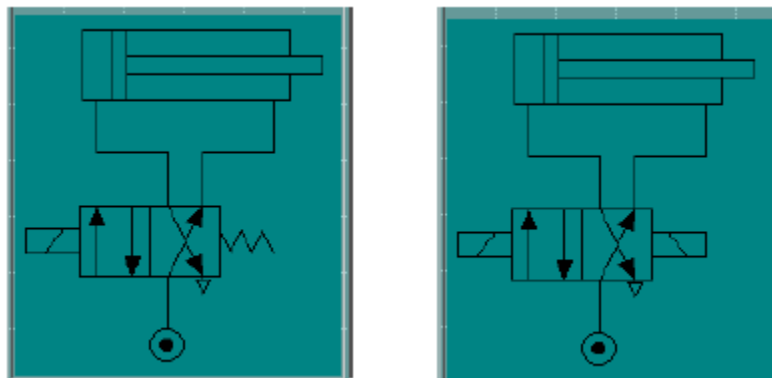


Figura 6. 5 Electroválvula monoestable y biestable respectivamente

Fuente: www.personales.ya.com/canalPLC/actu_neumatico.htm.

b. Electroválvulas biestables.

Las electroválvulas biestables disponen dos bobinas, una a cada lado; cuando se deja de actuar sobre una de ellas la válvula queda en la misma posición, siendo necesaria la actuación sobre la bobina contraria para que la válvula se invierta.

Válvulas Neumáticas

La función de las válvulas es permitir, orientar o detener un flujo de aire. Por distribuir el aire hacia los elementos de trabajo se los conoce como válvulas distribuidoras.

Dos de las características principales que posibilitan su clasificación son el número de vías y el número de posiciones, definidos a continuación.

Vías: se llama así al número de bocas de conexión del elemento de distribución. Pueden tenerse válvulas de 2, 3, 4, 5 ó más vías. No es posible un número de vías inferior a dos.

Posiciones: se refiere al número de posiciones estables del elemento de distribución. No es posible un número de posiciones inferior a dos.

Las válvulas direccionales se designan de acuerdo al número de vías y al número de posiciones de la forma siguiente:

N° Vías / N° posiciones.

2/2 dos vías / dos posiciones.

3/2 tres vías / dos posiciones.

4/2 cuatro vías / dos posiciones.

5/2 cinco vías / dos posiciones.

5/3 cinco vías / tres posiciones, etc.

Válvulas 2/2.

Pertencen a este grupo todas las válvulas de cierre que poseen un orificio de entrada y otro de salida (2 vías) y dos posiciones de mando. Pueden ser normalmente cerradas o normalmente abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo.

Válvulas 3/2.

Son las válvulas que poseen tres orificios de conexión y dos posiciones de mando. Además de alimentar a un circuito, permiten su descarga al ser conmutadas. También las hay normalmente cerradas o abiertas.

Válvulas 4/2.

Poseen cuatro orificios de conexión correspondiendo uno a la alimentación, dos a las utilidades y el restante al escape. Operan en dos posiciones de mando, para cada una de las cuales sólo una utilización es alimentada, en tanto la otra se encuentra conectada a escape; esta condición se invierte al conmutar la válvula.

Válvulas 5/2.

Éstas poseen cinco orificios de conexión y dos posiciones de mando. A diferencia de la válvula 4/2, poseen dos escapes correspondiendo uno a cada utilización.

Válvulas Pinch

En las válvulas tipo pinch, también conocidas como válvulas de pellizco o válvulas de manguito flexible, la estanqueidad se consigue mediante la estrangulación de la misma conducción que es un tubo flexible llamado 'sleeve', el cual es el único componente en contacto con el medio, como se puede observar en la figura 6.6:



Figura 6. 6 Válvula Pinch

Fuente: www.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS

Idóneas en servicios de líquidos pastosos y partículas sólidas en suspensión, evita el contacto con los mecanismos de la válvula y cualquier tipo de contaminación hacia o desde el exterior. Generalmente la válvula pinch está limitada a trabajar a bajas presiones

Las válvulas pinch pueden ser actuadas de forma mecánica o por presión. En las válvulas actuadas por presión, como la válvula mostrada en la figura 6.12, la presión es uniformemente distribuida sobre la parte externa del tubo flexible.

El tubo flexible es de elastómero generalmente reforzado. La selección del material se realiza de acuerdo a un compromiso de corrosión-resistencia ya que el elastómero va perdiendo sus propiedades resistivas en el tiempo en contacto con fluidos corrosivos. El límite de fatiga debe estar dentro del número de oberturas y cierres previstos para la válvula.

6.7 METODOLOGÍA

La automatización nació con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos y para controlar las operaciones de una forma más rápida, secuencial y segura.

La automatización para la industria, es usar tecnología que integre un proceso de control a través de dispositivos capaces de tomar decisiones e interactuar con otros, basándose en un programa establecido por el integrador para el manejo de algunas variables, mediante su monitoreo y comparación con un valor esperado del proceso; esto se realiza de manera automática, generando en el sistema mayor productividad, confiabilidad, estabilidad y calidad en sus resultados.

Un proyecto de automatización se inicia cuando una empresa identifica una oportunidad de mejora dentro de sus procesos productivos susceptibles de ser automatizados. Tal oportunidad puede ser un incremento en la producción, el perfeccionamiento en los atributos y cualidades de alguna línea de productos para enfrentar la competencia de otros proveedores o lo más común, mantener la fabricación y calidad dentro de las normas actuales pero disminuyendo los costos totales asociados a la producción.

Tomando en cuenta lo anteriormente nombrado, se decide diseñar e implementar un control automático para el abastecimiento de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos hasta la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.. Para lo cual se desarrolla sistemáticamente una lista de tareas secuenciales a realizar, con el fin de lograr un sistema automático que cumpla con las expectativas.

Por lo tanto, antes de iniciar la automatización es importante tener en cuenta que:

- Las organizaciones son complejas y realizan diversas funciones que están relacionadas entre sí, que sus necesidades de manejo de información cambian y crecen, y que además del manejo operativo de la información hay una necesidad de contar con un acceso global que permita una mejor toma de decisiones.

- La tecnología es muy cambiante, cada vez hay mayor variedad de equipos y sistemas más poderosos de costos diversos, lo que complica la selección de la tecnología adecuada.
- El diseño, la programación y la operación de los sistemas requieren en la mayoría de los casos de especialistas.

Por todo lo antes mencionado, si se pretende que una automatización no solamente cause una mejora de la producción, sino que además resulte una inversión rentable en cuanto a la adquisición de una tecnología adecuada, es necesario contar con una metodología para llevar a cabo dicha automatización.

Los pasos por seguir para aplicar la metodología de esta propuesta son:

- 1) Identificación del proceso a mejorar.
- 2) Identificación de las etapas involucradas en la automatización.
- 3) Diseño del proyecto.
- 4) Selección de los equipos y elementos adecuados para la automatización.
- 5) Codificación de los equipos y elementos para facilitar la programación del PLC.
- 6) Programación del PLC.
- 7) Programación de la HMI.
- 8) Implementación de los elementos de control y potencia.
- 9) Funcionamiento del control y monitoreo.

6.7.1 Identificación del proceso a mejorar

Actualmente el proceso de abastecimiento de PVC se lo realiza manualmente y se lo describe a continuación:

- El PVC es elaborado en la Sección Prefabricados Termoplásticos, cuya forma final es forma cilíndrica de dimensiones: 5mm. de altura y 3 mm. de diámetro, el cual se denomina granulado de PVC
- Este granulado de PVC se coloca en big-bags con capacidad de 600 Kg. aproximadamente.
- Los big-bags son transportados mediante transpaletas manuales desde la Sección Prefabricados Termoplásticos hasta la Sección Calzado Lona lo cual implica que

los trabajadores tengan que recorrer alrededor de 50 metros realizando un gran esfuerzo físico, como se puede ver en la figura 6.7:



Figura 6. 7 Transporte manual de PVC

Elaborado por: El Investigador

- Al llegar a la Sección Calzado Lona los big-bags se colocan debajo de las tolvas de almacenamiento (SK's), en esta sección existen seis SK's: tres de PVC negro y tres de PVC blanco, divididos en tres zonas: zona 1, zona 2 y zona 3; es decir que en cada zona hay un SK de PVC negro y un SK de PVC blanco.
- El PVC es transportado hacia los SK's mediante aspiradores que tienen un caudal muy bajo (ver figura 6.8), y por ello en algunas ocasiones las máquinas inyectoras han tenido que parar forzosamente por falta de material.



Figura 6. 8 Aspirador de PVC

Elaborado por: El Investigador

- El PVC es distribuido a las máquinas inyectoras conectadas a los SK's en cada zona, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. 2 Distribución de máquinas inyectoras

ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3	
SK1 BLANCO	SK1 NEGRO	SK2 BLANCO	SK2 NEGRO	SK3 BLANCO	SK3 NEGRO
DE 14	DE 10	DE 01	TK 02 (cañon2)	DE 04	DE 07 (cañon2)
DE 12		OB 04	DE 08	DE 06	OB 02 (cañon2)
		TK 02 (cañon1)	TK 01	OB 02 (cañon1)	OB 03
		DE 11		DE 07 (cañon1)	OB 01

Elaborado por: El Investigador

- Cuando los trabajadores se dan cuenta que el big-bag se ha vaciado completamente tiene que dirigirse a la Sección Prefabricados Termoplásticos en busca de otro big-bag lleno de PVC, lo cual implica que tengan que estar pendientes a cada momento del transporte de los sacos de PVC limitando así las actividades de cada persona.

6.7.2 Identificación de las etapas involucradas en la automatización

En vista de que el proceso que se va a mejorar es el deficiente abastecimiento de PVC a la Sección Calzado Lona es necesaria una explicación de las etapas que se desarrollarán con el objetivo de implementar un control automático óptimo.

El control automático que se va a implementar cuenta de dos partes bien definidas, una parte que es la automatización electrónica del proceso de abastecimiento de PVC, la cual estará a cargo en su totalidad del investigador. En este proceso de automatización se controlarán y monitorizarán cada uno de los equipos y elementos involucrados en el proyecto.

Otra parte del control automático es la ingeniería mecánica del proyecto, la cual estará a cargo de los ingenieros mecánicos que trabajan en la Sección Prefabricados Termoplásticos.

6.7.3 Diseño del proyecto

Una vez que se han identificado claramente los requerimientos del proyecto se procedió a realizar el diseño del mismo y el cual se puede apreciar en el **ANEXO A**, y se lo explica a continuación:

- El transporte de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos hasta la Sección Calzado Lona será neumático.
- En la Sección Prefabricados Termoplásticos se elaborará PVC incoloro que será almacenado en un silo.
- Debajo del silo se acoplará un tornillo sinfín accionado con un motor, el cual transportará el PVC incoloro hasta caer en un tubo de 3”.
- Una vez que el PVC incoloro llegue al tubo, éste será impulsado neumáticamente mediante un soplador de gran potencia.
- El PVC incoloro se mezclará con el colorante blanco para el caso de PVC BLANCO o con colorante negro y PVC recuperado (PVC reprocesado) para el caso de PVC NEGRO, para esto se colocará una tolva en el trayecto del tubo de 3” que suministrará dicho colorante mediante una válvula rotativa accionada con un motor.
- El flujo de PVC o la interrupción del mismo se realizará con válvulas pinch accionadas mediante electroválvulas, este control servirá para definir la tolva de destino del PVC en la Sección Calzado Lona, es decir, el PVC llegará al SK1, SK2 o SK3.
- Se controlará el nivel de llenado de los SK’s mediante sensores capacitivos, uno para nivel alto y otro para nivel bajo en cada uno de los SK’s.
- Se elaborará un tablero de control y se definirá la ubicación adecuada de la HMI ya que tanto la Sección Prefabricados Termoplásticos como la Sección Calzado Lona deben tener acceso a la misma.

- Se elaborará un manual de usuario y se capacitará a un trabajador por cada turno para que se maneje la interfaz de forma adecuada y se realice el mantenimiento oportuno de todo el sistema.

6.7.4 Selección de los equipos y elementos adecuados para la automatización.

Teniendo ya el conocimiento claro de las etapas de la automatización, se procede a seleccionar los elementos y equipos de acuerdo a las características del proceso deseado de abastecimiento de PVC.

Es importante mencionar que la empresa ya posee algunos de los equipos que intervienen en el proyecto, pudiendo de esta manera ser adaptados y utilizados en el nuevo diseño.

Los elementos necesarios para la implementación del control automático se dividen en: elementos de campo y elementos del tablero de control

Elementos de campo

Motores:

- Los primeros elementos que se seleccionaron fueron los motores de los sopladores que sirven para el transporte neumático de PVC a través de un tubo de 3 pulgadas de diámetro.

Se escogieron dos motores trifásicos marca CHINA JINHUAYIN, uno para PVC negro y otro para PVC blanco, ya que la potencia necesaria para el transporte de PVC es de 11 KW.

Las características técnicas de estos sopladores se muestran en la tabla 6.3:

Tabla 6. 3 Características técnicas de los sopladores

V	Hz	Rpm	Kw	A	Kg
440 Δ	60	3530	11	18,8	117

Elaborado por: El Investigador

- b. Posteriormente se escogieron los motores que accionan los tornillos sinfín que estarán colocados debajo del silo de PVC incoloro, los cuales deben transportar 12Kg de PVC en cada minuto girando a una velocidad de 1720 rpm, con lo que se logrará satisfacer la demanda existente en la Sección Calzado Lona.

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado se seleccionaron dos motores, uno para el tornillo sinfín de PVC negro y otro para el tornillo sinfín de PVC blanco, con las características que se detallan en la tabla 6.4:

Tabla 6. 4 Características técnicas de los motores de los tornillos sinfín

V	Hz	Rpm	HP (Kw)	A
110 / 220	60	1720	½ (0.37)	8.4 / 4.2

Elaborado por: El Investigador

- c. Finalmente se procedió a elegir los motores que accionarán las válvulas rotatorias que sirven para dosificar el colorante negro y recuperado para el caso de PVC negro y para dosificar el colorante blanco en el caso de PVC blanco. Esta dosificación debe darse a una velocidad de 5Kg/min para que se pueda mezclar correctamente el PVC incoloro con el colorante y al llegar a la Sección Calzado Lona se obtenga el color deseado.

En base a esto se seleccionaron tres motores marca TOREX y además se evidenció la necesidad de adquirir tres variadores de velocidad de la misma marca, con el objetivo de regular la velocidad de giro de cada válvula rotatoria.

A continuación en la tabla 6.5 se detallan las características de estos elementos:

Tabla 6. 5 Características técnicas de los motores de las válvulas rotatorias

V	Hz	Rpm	Kw	A	Cos φ
220-240 Δ	50	1380	0.37	2.01	0.69
380-420 Y	50	1380	0.37	1.16	0.69
440-480 Y	60	1640	0.43	1	0.72

Elaborado por: El Investigador

Además en la tabla 6.6 se muestran las características técnicas de los variadores de velocidad de giro de las válvulas rotatorias:

Tabla 6. 6 Características técnicas del variador de velocidad

Motovario
N. 7133889
Tipo TXF665
min ⁻¹ 1000-1700

Elaborado por: El Investigador

Válvulas:

- a. Como ya se había mencionado, se utilizarán válvulas rotatorias para la dosificación de colorante y recuperado, por lo cual se decidió adquirir tres válvulas rotatorias de la marca TOREX modelo RV (ver figura 6.9).

Al elegir la misma marca de válvulas rotatorias y de motores accionadores se garantiza un correcto acople entre dichos elementos.



Figura 6. 9 Válvula Rotatoria TOREX RV

Fuente: <http://www.wamgroup.com/rotary-feeder>

- b. Para permitir o interrumpir el paso de PVC a través de los tubos de 3” se escogieron las válvulas pinch marca TOREX (ver figura 6.10), debido a su gran funcionalidad en sistemas neumáticos.

Se van a adquirir seis de estas válvulas debido a que cada una controlará el flujo de PVC hacia cada SK de la Sección Calzado Lona.

Las principales características de este tipo de válvulas son las siguientes:

- Montaje fácil y rápido reemplazo.
- Presión máxima de operación: 3.5 bar (52psi)
- Presión máxima de control: 6.0 bar (90psi)
- Presión diferencial: 2.5 bar (37 psi)
- Peso ligero



Figura 6. 10 Válvula Pinch TOREX

Fuente: <http://www.wamgroup.com/pinch-valve>

- c. Además se utilizarán seis electroválvulas monoestables 5/2 (cinco vías / dos posiciones) que serán las encargadas de abrir o cerrar las válvulas pinch. Se escogieron las electroválvulas marca CHANTO debido a su fácil conexión eléctrica y neumática, cuyas características se muestran a continuación en la tabla 6.7:

Tabla 6. 7 Características técnicas de las electroválvulas CHANTO.

V	Hz	Potencia
110	-	3.5 W
220	50	6.0 VA
220	60	4.9 VA
240	60	6.4 VA

Elaborado por: El Investigador

Al analizar la tabla 6.7, se constató que estas electroválvulas son muy prácticas ya que tienen varias opciones para el voltaje de alimentación, es por ello que se decidió que las electroválvulas se alimentarán a 110 VAC y tendrán un consumo de 3.5 W.

El esquema de conexión que se usará en el presente proyecto es el que se muestra en la figura 6.11, en la posición 1 la válvula permanece abierta y permite el paso de PVC ya que la presión neumática fluye hacia el silenciador conectado en una de las vías, mientras tanto en la posición 2 la válvula se cierra e interrumpe el paso de PVC debido a que la presión neumática fluye hacia el interior de la válvula inflando el sleeve.

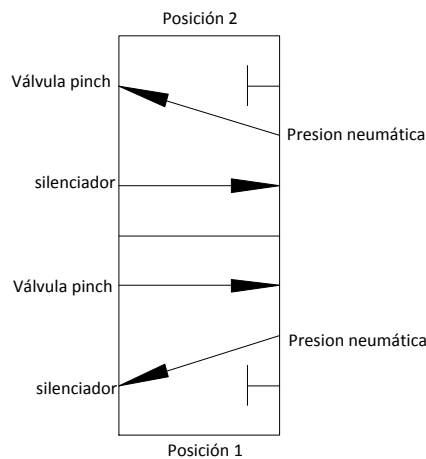


Figura 6. 11 Conexión de electroválvula

Elaborado por: El Investigador

Sensores:

- a. Debido a que en las tolvas de dosificación de colorante negro, recuperado negro y colorante blanco siempre debe existir material para obtener el color deseado del PVC, es necesario un control del nivel del material en dichas tolvas.

Para realizar el control mencionado se decidió utilizar tres sensores de nivel rotativos marca TOREX modelo ILTC2 como el que se observa en la figura 6.12, ya que son muy prácticos para detectar la presencia de partículas sólidas como el PVC.



Figura 6. 12 Sensor de nivel rotativo TOREX ILTC2

Fuente: <http://www.wamgroup.com/level-detector>

Este tipo de sensores poseen las siguientes características:

- 24 V (AC), 50-60 Hz
- 48 V (AC), 50-60 Hz
- 110 V (AC), 50-60 Hz
- 230 V (AC), 50-60 Hz
- 24 V (DC)
- Conexión estándar: 1½"
- Fácil de instalar
- Bajo Costo

Su funcionamiento se basa en que posee un contacto normalmente abierto y un contacto normalmente cerrado. Mientras no existe material el rotor gira normalmente y los contactos permanecen en su estado estable, cuando existe material, el peso del mismo hace que el rotor deje de girar y en ese momento los contactos pasan a su estado inestable. Es decir que este sensor funciona como un interruptor que dará una señal de control.

- b. En los SK's de la Sección Calzado Lona también es necesario un control del nivel de PVC almacenado en cada SK, por lo cual se escogieron los sensores de proximidad capacitivos marca OMRON como el que se muestra en la figura 6.13, debido a su gran utilidad para detectar sin contacto metales y no metales, lo cual es muy importante en este caso ya que en el interior de los SK's no siempre el PVC va a estar en contacto con el PVC.

Para cada SK es necesario un sensor de nivel alto y un sensor de nivel bajo, es decir que en total se necesitan 12 sensores OMRON para monitorear el nivel de llenado de los 6 SK's existentes.

Además se evidenció la necesidad de un sensor de nivel bajo en el silo de PVC incoloro y dos sensores de nivel bajo para las pequeñas tolvas de cada tornillo sinfín.

Las características de estos sensores son las siguientes:

- Rango de Voltaje: 10-30 VDC; 90 to 250 VAC, 50/60 Hz
- Contacto normalmente cerrado
- Consumo de corriente 2.2 mA máximo (AC)



Figura 6. 13 Sensor capacitivo OMRON

Fuente: <http://www.omron.com/sensor/proximity/capacitive>

Elementos del tablero de control

Breakers:

Para la parte de potencia que involucra a los motores es necesaria una acometida de 440 VAC y una de 220 VAC, es por ello que la colocación de dos breakers de protección es muy importante.

Se decidió adquirir dos breakers marca Schneider-Electric modelo C60N (ver figura 6.14) con las siguientes características:

- Corriente nominal: 63 A
- Conformidad con las normas: IEC EN 60898 o IEC 60947-2, con certificación de las autoridades oficiales nacionales

- Adecuados para el aislamiento de acuerdo con las normas industriales: IEC 60947
- Voltaje de funcionamiento: hasta 440 VAC, voltaje de aislamiento: 500 V
- Auxiliares opcionales: indicación de estado y disparo, desconexión en derivación, disparo por baja tensión, disparo por sobretensión.



Figura 6. 14 Breaker Schneider-Electric C60N

Fuente: <http://www.schneider-electric.ec/distribucion-electrica>

Transformador:

Debido a que solo se dispone de una acometida de 440 VAC y una de 220 VAC es necesario la presencia de un transformador de 220 VAC / 110 VAC.

Por su fiabilidad se escogió un transformador marca General Electric.

Fuente de Alimentación:

Para energizar algunos de los elementos de control que se usarán en la automatización es necesaria la adquisición de una fuente de alimentación de 24 VDC.

En este caso se escogió la fuente marca SIEMENS modelo Sitop 6EP333-3BA00 como se puede ver en la figura 6.15, con las siguientes características:

- Para 24 V aplicaciones exigentes de 5 a 40 A
- Transformador de medida DC/DC 24 V/ 20 A para redes de accionamiento y batería
- Cuerpo compacto de metal

- No es preciso respetar distancias libres por los costados
- Entrada de rango amplio
- Potencia extra para sobrecargas breves durante el servicio normal
- Aumento transitorio de potencia (Power Boost) para activar dispositivos de protección
- Comportamiento seleccionable en caso de cortocircuito
- Curva suave seleccionable para conexión en paralelo
- Alto rendimiento
- Indicación del estado mediante 3 LED
- Ampliables con módulos SITOP y DC-USV al efecto



Figura 6. 15 Fuente SIEMENS SITOP

Fuente: <http://www.siemens.com/sitop-modular>

Fusibles:

Con fines de protección también se emplearán 4 fusibles de 10A para las tensiones de 110 VAC y 24 VDC, los cuales serán montados en sus respectivos portafusibles.

Pulsadores:

- a. Tomando en cuenta que se va a encender y apagar todo el sistema de control automático cuando sea necesario, se utilizará un pulsador de arranque y paro industrial como el que se observa en la figura 6.16.






Figura 6. 16 Pulsador Harmony XB4-BL845

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

Se selecciona el pulsador doble marca Schneider-Electric modelo Harmony XB4-BL845 con las características mostradas en la tabla 6.8:

Tabla 6. 8 Características técnicas del pulsador doble Harmony XB4-BL845

Pulsadores dobles						
Forma de la cabeza	Designación	Tipo de contacto		Grado de protección	Referencia	Peso
						
		"NA"	"NC"			kg
	1 pulsador rasante verde (marcado "I") 1 pulsador saliente rojo (marcado "O")	1	1	IP 40	<u>XB4-BL845</u> (ZB4-BZ105 + ZB4-BL8434)	0,106

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

- b. De la misma manera es necesaria la utilización de un pulsador de paro de emergencia (ver figura 6.17), que detenga el proceso automático de forma instantánea cuando así se requiera. Además este pulsador debe ser accionado antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento del sistema.






Figura 6. 17 Pulsador de paro de emergencia Harmony XB4-BT845

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

Se escogió el pulsador de paro de emergencia marca Schneider-Electric modelo Harmony XB4-BT845 con las siguientes características:

Tabla 6. 9 Características técnicas del pulsador Harmony XB4-BT845

Parada de emergencia Ø 40 color rojo contra fraude					
Forma de la cabeza	Tipo de pulsador	Tipo de contacto		Referencia	Peso
					
		"NA"	"NC"		kg
	Pulsar-tirar "contra fraudes"	1	1	XB4-BT845 (ZB4-BZ105 + ZB4-BT84)	0,136

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

Alarma:

Debido a que se está trabando en un ambiente industrial en donde existe mucho ruido, es necesario que se instale una alarma luminosa que evidencie la existencia de alguna falla que se produzca en el sistema automático, como la que se ilustra en la figura 6.18.



Figura 6. 18 Alarma Harmony XVB-L4M5

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

Se seleccionó la alarma luminosa marca Schneider-Electric modelo Harmony XVB-L4M5 con las características descritas en la tabla 6.10:

Tabla 6. 10 Características técnicas de la alarma luminosa Harmony

Balizas luminosas con señalización intermitente integrada				
Designación	Fuente luminosa	Color	Referencia	Peso kg
Conjunto completo que incluye: 1 elemento luminoso 1 base (fijación directa o en el tubo)	Lámpara 10 W máx. no suministrada ~ 48...230 V	Verde	<u>XVB-L4M3</u>	0,280
		Rojo	<u>XVB-L4M4</u>	0,280
		Naranja	<u>XVB-L4M5</u>	0,280
		Azul	<u>XVB-L4M6</u>	0,280
		Incoloro	<u>XVB-L4M7</u>	0,280
		Amarillo	<u>XVB-L4M8</u>	0,280

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

Relés de control:

En el proceso de automatización es importante proteger el PLC que se va a utilizar, por lo tanto se usarán relés de control tanto para las salidas como para las entradas del PLC.



Figura 6. 19 Relé RELECO serie IRC

Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/releco>

Se escogieron los relés marca RELECO (ver figura 6.19), ya que este tipo de relé es ampliamente usado en aplicaciones industriales, y tiene las siguientes características:

- Botón de pulsado y enclavamiento para realizar maniobras sin tensión.
- Indicador de estado mecánico o con Led.
- Etiqueta de identificación tanto en el relé con en el zócalo de fijación.

- Opciones con rectificador para trabajar tanto en AC como en DC.
- Bobinas en AC desde 12 a 380 Volt.
- Bobinas en DC desde 5 a 220 Volt.

Contactores:

Este elemento es muy importante ya que controla el accionamiento o paro de todos los motores que están involucrados en la automatización. Debido a que se dispone de una tensión de 110 VAC todos los relés se seleccionaron con bobinas de dicho voltaje.

Cabe resaltar que cada contactor se escogió en base a las características de cada motor, para lo cual se realizó una tabla que se muestra a continuación:

Tabla 6. 11 Características de los motores del proceso

MOTORES DE LAS VÁLVULAS ROTATORIAS			
# de motores	V	Kw	A
3	440	0,43	1
MOTORES DE LOS TORNILLOS SIN FÍN			
# de motores	V	Kw	A
2	220	0,37	4,2
MOTORES DE LOS SOPLADORES			
# de motores	V	Kw	A
2	440	11	18,8

Elaborado por: El Investigador

En base a la tabla 6.11 se procedió a seleccionar los contactores que gobernarán a cada motor, para lo cual fue de mucha utilidad un catálogo de la marca Schneider Electric.



Figura 6. 20 Contactor Schneider Electric

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

A continuación se muestra la tabla 6.12, de la cual se escogieron 5 contactores LC1D09F7 para controlar los motores de las válvulas rotatorias y los motores de los tornillos sinfín, y 2 contactores LC1D25F7 para los sopladores.

Tabla 6. 12 Catálogo de contactores

Contactores tripolares con conexión mediante bornes a tornillo											
Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz en categoría AC-3 (4)			Corriente asignada de empleo en AC-3 hasta 440 V A	Contactos auxiliares instantáneos		Referencia básica para completar con el código de la tensión (1) Fijación (2)	Tensiones habituales				Peso (3) kg
380V 400V kW	440V kW	690V kW					~	—	—	—	
4	4	5,5	9	1	1	LC1-D09●●	M7	F7	B7	BD	0,320
5,5	5,5	7,5	12	1	1	LC1-D12●●	M7	F7	B7	BD	0,325
7,5	9	10	18	1	1	LC1-D18●●	M7	F7	B7	BD	0,330
11	11	15	25	1	1	LC1-D25●●	M7	F7	B7	BD	0,370
15	15	18,5	32	1	1	LC1-D32●●	M7	F7	B7	BD	0,375
18,5	18,5	18,5	38	1	1	LC1-D38●●	M7	F7	B7	BD	0,380
3,5	22	30	40	1	1	LC1-D40A●●	M7	F7	B7	BD	850
2	30	33	50	1	1	LC1-D50A●●	M7	F7	B7	BD	855
3,0	37	37	65	1	1	LC1-D65A●●	M7	F7	B7	BD	860
37	45	45	80	1	1	LC1-D80●●	M7	F7	B7	BD	1,590
45	45	45	95	1	1	LC1-D95●●	M7	F7	B7	BD	1,610
55	59	80	115	1	1	LC1-D115●●	M7	F7	B7	BD	2,500
75	80	100	150	1	1	LC1-D150●●	M7	F7	B7	BD	2,500
Corriente alterna											
Voltios			24	48	110	220	380				
LC1-D09...D150 (bobinas D115 y D150 antiparasitadas de fábrica)											
50/60 Hz			B7	E7	F7	M7	Q7				
Corriente continua											
Voltios			24	48	110	220					
LC1-D09...D150 (bobinas antiparasitadas de fábrica) (5)											
			BD	ED	FD	MD					

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

Guardamotores:

La protección de los motores es una necesidad muy relevante en el presente proyecto, por lo cual se decidió adquirir un guardamotor para cada motor. En la tabla 6.11 se puede observar el consumo de corriente de cada motor y con esta información se procedió a revisar el catálogo de Schneider Electric.



Figura 6. 21 Guardamotor Schneider Electric

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

A continuación se muestra la tabla 6.13, de la cual se escogieron 3 guardamotores GV2-ME06 para controlar los motores de las válvulas rotatorias, 2 guardamotores GV2-ME10 para los motores de los tornillos sinfín, y 2 guardamotores GV2-ME22 para los sopladores.

Tabla 6. 13 Catálogo de guardamotores

Guardamotores magnetotérmicos GV2-ME y GV2-P con borne a tornillo										Peso		
Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz en categoría AC-3									Rango de reglaje de los disparadores térmicos (2)	Corriente de disparo magnético Id ± 20%	Referencia	Peso
400/415 V			500 V			690 V						
P	Icu	Ics	P	Icu	Ics	P	Icu	Ics				
(1)			(1)			(1)			A	A		kg
Guardamotores con mando de pulsadores												
0,06	★	★	—	—	—	—	—	—	0,16...0,25	2,4	GV2-ME02	0,260
0,09	★	★	—	—	—	—	—	—	0,25...0,40	5	GV2-ME03	0,260
0,12	★	★	—	—	—	0,37	★	★	0,40...0,63	8	GV2-ME04	0,260
0,18	★	★	—	—	—	—	—	—	0,40...0,63	8	GV2-ME04	0,260
0,25	★	★	—	—	—	0,55	★	★	0,63...1	13	GV2-ME05	0,260
0,37	★	★	0,37	★	★	—	—	—	1...1,6	22,5	GV2-ME06	0,260
0,55	★	★	0,55	★	★	0,75	★	★	1...1,6	22,5	GV2-ME06	0,260
0,75	★	★	1,1	★	★	1,5	3	75	1,6...2,5	33,5	GV2-ME07	0,260
1,1	★	★	1,5	★	★	2,2	3	75	2,5...4	51	GV2-ME08	0,260
1,5	★	★	2,2	★	★	3	3	75	2,5...4	51	GV2-ME08	0,260
2,2	★	★	3	50	100	4	3	75	4...6,3	78	GV2-ME10	0,260
3	★	★	4	10	100	5,5	3	75	6...10	138	GV2-ME14	0,260
4	★	★	5,5	10	100	7,5	3	75	6...10	138	GV2-ME14	0,260
5,5	15	50	7,5	6	75	9	3	75	9...14	170	GV2-ME16	0,260
7,5	15	50	9	6	75	15	3	75	13...18	223	GV2-ME20	0,260
9	15	40	11	4	75	18,5	3	75	17...23	327	GV2-ME21	0,260
11	15	40	15	4	75	—	—	—	20...25	327	GV2-ME22 (3)	0,260
15	10	50	18,5	4	75	22	3	75	24...32	416	GV2-ME32	0,260

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

Relés Térmicos:

Para proteger los circuitos frente a sobrecargas también es necesario que se coloquen relés térmicos como elementos de protección de cada motor. En la tabla 6.11 se puede observar el consumo de corriente de cada motor y con esta información se procedió a revisar el catálogo de Schneider Electric.



Figura 6. 22 Relé Térmico Schneider Electric

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

A continuación se muestra la tabla 6.14, de la cual se escogieron 3 relés térmicos LRD-06 para controlar los motores de las válvulas rotatorias, 2 relés térmicos LRD-10 para los motores de los tornillos sinfín, y 2 relés térmicos LRD-22 para los sopladores.

Tabla 6. 14 Catálogo de relés térmicos

Relés de protección térmica diferenciales para asociar a guardamotors magnéticos					
<ul style="list-style-type: none"> • Relés compensados, con rearme manual o automático, • con visualización del disparo, • para corriente alterna o continua. 					
Regulación del relé	Guardamotor Magnético	Para asociación con contactor LC1-	Referencia	Peso	
A	Coord. tipo 1	Coord. tipo 2			kg
Clase 10 A (1) con conexión mediante bornes a tornillos					
0,10...0,16	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-01	0,124
0,16...0,25	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-02	0,124
0,25...0,40	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-03	0,124
0,40...0,63	GV2LE04	GV2L04	D09...D38	LRD-04	0,124
0,63...1	GV2LE05	GV2L05	D09...D38	LRD-05	0,124
1...1,7	GV2LE06	GV2L06	D09...D38	LRD-06	0,124
1,6...2,5	GV2LE07	GV2L07	D09...D38	LRD-07	0,124
2,5...4	GV2LE08	GV2L08	D09...D38	LRD-08	0,124
4...6	GV2LE10	GV2L10	D09...D38	LRD-10	0,124
5,5...8	GV2LE14	GV2L14	D09...D38	LRD-12	0,124
7...10	GV2LE14	GV2L14	D09...D38	LRD-14	0,124
9...13	GV2LE16	GV2L16	D12...D38	LRD-16	0,124
12...18	GV2LE20	GV2L20	D18...D38	LRD-21	0,124
16...24	GV2LE22	GV2L22	D25...D38	LRD-22	0,124
23...32	GV2LE32	GV2L32	D25...D38	LRD-32	0,124
30...38	GV2LE32	GV2L32	D32 y D38	LRD-35	0,124

Fuente: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

EL PLC:

Para tener un control y monitoreo automático del proceso de abastecimiento de PVC es necesario seleccionar el PLC que mejor se adapte con los requerimientos del proceso. Es así que en la selección del PLC se ha tomado en cuenta los siguientes factores:

- Tipo y cantidad de entradas.
- Tipo y cantidad de salidas.
- La capacidad de la memoria del procesador.
- Tipo de comunicación.

Para la automatización y monitoreo de acuerdo a los equipos y elementos seleccionados anteriormente, se necesita un PLC con las siguientes características:

- 39 entradas digitales.
- 14 salidas digitales de relé.
- Comunicación Ethernet que permita el enlace con la HMI.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se decide utilizar un PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200, con un CPU 1214C AC/DC/relé el cual cumple con las características del proceso a controlar, cuyos datos técnicos se pueden observar en el **ANEXO B**.

Se decidió utilizar la marca de PLC SIEMENS debido a que es una de las más fiables del mercado y por su gran facilidad de incorporación de módulos, ya sean de entradas y salidas digitales o bien de entradas y salidas analógicas.

Otro factor fue que en la empresa habitualmente se trabaja con autómatas Siemens, por lo que la programación es más familiar.

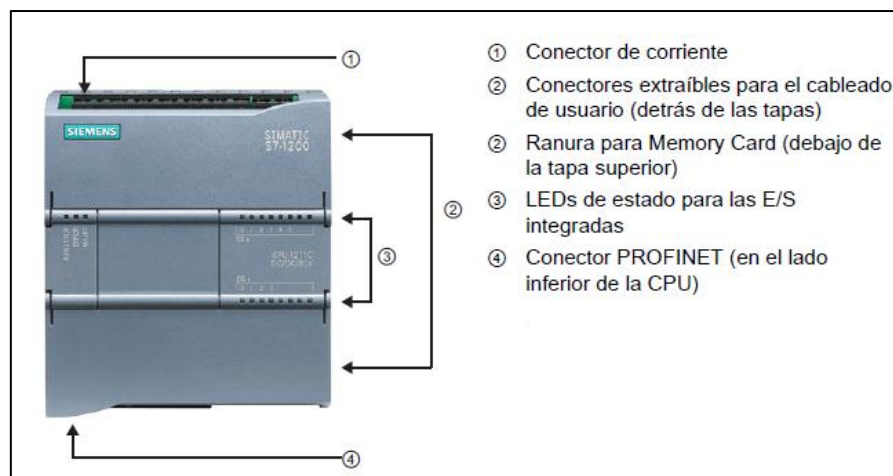


Figura 6. 23 Componentes del PLC SIMATIC S7-1200

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

Las principales características del PLC S7-1200 son las siguientes:

- Ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización.
- Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.
- La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.
- Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.
- Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:
 - ✓ Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
 - ✓ Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico.
- La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232.

El PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/relé cuenta con un módulo de 14 entradas digitales y 10 salidas de relé; como el total de entradas que se necesitan para controlar todo el proceso son 39 y el requerimiento de salidas es de 14, hace falta incrementar un módulo de entradas digitales el cual va a ser el módulo SM1221 que tiene 16 entradas digitales, y un módulo de entradas digitales y salidas de relé que será el módulo SM1223 que posee 16 entradas digitales y 16 salidas de relé.





Figura 6. 24 Módulos SM1221 y SM1223

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

Además será necesaria la adquisición de un módulo SWITCH ETHERNET CSM1277 que posee 4 puertos para conectores RJ45, los cual servirán para la comunicación entre el PLC, la HMI y la PC programadora.



Figura 6. 25 Módulo CSM1277

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

HMI:

Puesto que la visualización se está convirtiendo cada vez más en un componente estándar de la mayoría de las máquinas, los Basic Panels SIMATIC HMI ofrecen dispositivos con pantalla táctil para tareas básicas de control y supervisión.

Es por ello que se seleccionó la SIMATIC HMI KTP1000BASIC COLORPN, debido a su gran compatibilidad con el PLC de la misma marca que se escogió anteriormente, a continuación se detallan las características de la HMI:

- Color (TFT, 256 colores)
- Pantalla táctil de 10 pulgadas con 8 teclas táctiles
- Tamaño: 10.4"

- Resolución: 640 x 480
- 256 variables
- 50 pantallas de proceso
- 200 alarmas
- 25 curvas
- 32 KB memoria de recetas
- 5 recetas, 20 registros, 20 entradas

En la figura 6.32 se muestran todos los elementos que componen la pantalla táctil SIMATIC HMI KTP1000BASIC COLORPN.

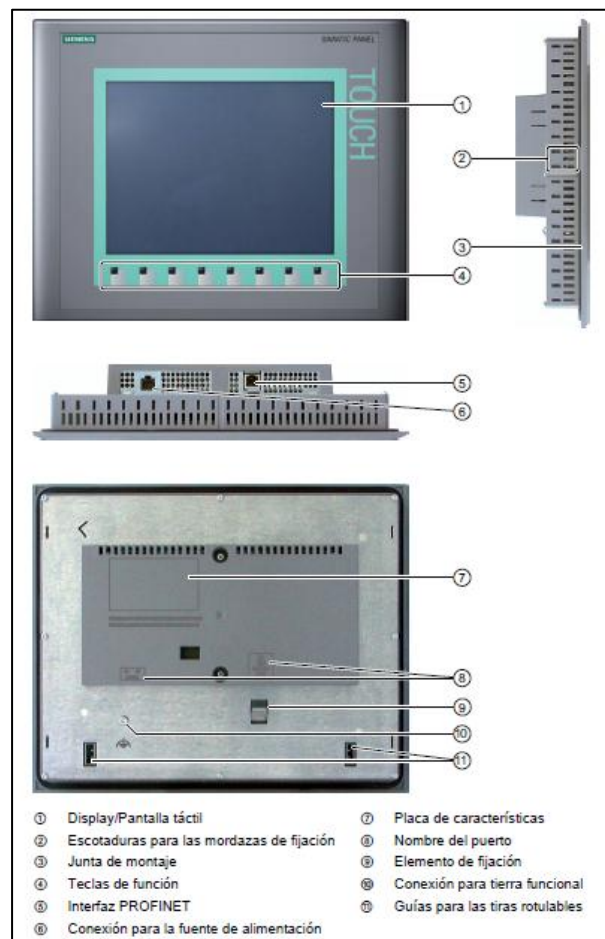


Figura 6. 26 Componentes de la SIMATIC HMI KTP1000BASIC COLORPN

Fuente: Manual de SIMATIC HMI

6.7.5 Codificación de los equipos y elementos para facilitar la programación del PLC.

Para la programación del PLC es necesario identificar claramente los elementos que van a actuar en las entradas y los elementos que van a ser controlados en las salidas. Con el fin de facilitar la programación del PLC se ha designado a cada elemento de entrada y salida una dirección específica, logrando de esta manera organizar la programación y ahorra tiempo en ella.

En cuanto a los elementos de entrada se han asignado las siguientes direcciones:

Tabla 6. 15 Entradas utilizadas en la automatización

DIRECCION	NOMBRE	ELEMENTO
I0.0	sensor_silo	Sensor capacitivo de nivel bajo del silo de PVC incoloro
I0.1	sensor_tolva_peq_negro	Sensor capacitivo de nivel bajo de la tolva del tornillo sinfín de PVC negro
I0.2	confir_cont_peq_negro	Contacto auxiliar NC del contactor del motor del tornillo sinfín de PVC negro
I0.3	confir_guard_peq_negro	Contacto auxiliar NC del guardamotor del motor del tornillo sinfín de PVC negro
I0.4	confir_rele_peq_negro	Contacto auxiliar NC del relé térmico del motor del tornillo sinfín de PVC negro
I0.5	sensor_tolva_peq_blanco	Sensor capacitivo de nivel bajo de la tolva del tornillo sinfín de PVC blanco
I0.6	confir_cont_peq_blanco	Contacto auxiliar NC del contactor del motor del tornillo sinfín de PVC blanco
I0.7	confir_guard_peq_blanco	Contacto auxiliar NC del guardamotor del motor del tornillo sinfín de PVC blanco
I1.0	confir_rele_peq_blanco	Contacto auxiliar NC del relé térmico del motor del tornillo sinfín de PVC blanco
I1.1	confir_cont_ventil_negro	Contacto auxiliar NC del contactor del motor del soplador de PVC negro
I1.2	confir_guard_ventil_negro	Contacto auxiliar NC del guardamotor del motor del soplador de PVC negro
I1.3	confir_rele_ventil_negro	Contacto auxiliar NC del relé térmico del motor del soplador de PVC negro
I1.4	confir_cont_ventil_blanco	Contacto auxiliar NC del contactor del motor del soplador de PVC blanco

I1.5	confir_guard_ventil_blanco	Contacto auxiliar NC del guardamotor del motor del soplador de PVC blanco
I2.0	confir_rele_ventil_blanco	Contacto auxiliar NC del relé térmico del motor del soplador de PVC blanco
I2.1	sensor_tolva_color_negro	Sensor rotativo de nivel bajo de la tolva dosificadora de colorante de PVC negro
I2.2	confir_cont_tolva_color_negro	Contacto auxiliar NC del contactor del motor de la válvula rotatoria de colorante de PVC negro
I2.3	confir_guard_tolva_color_negro	Contacto auxiliar NC del guardamotor del motor de la válvula rotatoria de colorante de PVC negro
I2.4	confir_rele_tolva_color_negro	Contacto auxiliar NC del relé térmico del motor de la válvula rotatoria de colorante de PVC negro
I2.5	sensor_tolva_rec_negro	Sensor rotativo de nivel bajo de la tolva dosificadora de recuperado de PVC negro
I2.6	confir_cont_tolva_rec_negro	Contacto auxiliar NC del contactor del motor de la válvula rotatoria de recuperado de PVC negro
I2.7	confir_guard_tolva_rec_negro	Contacto auxiliar NC del guardamotor del motor de la válvula rotatoria de recuperado de PVC negro
I3.0	confir_rele_tolva_rec_negro	Contacto auxiliar NC del relé térmico del motor de la válvula rotatoria de recuperado de PVC negro
I3.1	sensor_tolva_blanco	Sensor rotativo de nivel bajo de la tolva dosificadora de colorante de PVC blanco
I3.2	confir_cont_tolva_blanco	Contacto auxiliar NC del contactor del motor de la válvula rotatoria de colorante de PVC blanco
I3.3	confir_guard_tolva_blanco	Contacto auxiliar NC del guardamotor del motor de la válvula rotatoria de colorante de PVC blanco
I3.4	confir_rele_tolva_blanco	Contacto auxiliar NC del relé térmico del motor de la válvula rotatoria de colorante de PVC blanco
I3.5	sensor_negro_alto_A	Sensor capacitivo de nivel alto del SK1 de PVC negro
I3.6	sensor_negro_bajo_A	Sensor capacitivo de nivel bajo del SK1 de PVC negro
I3.7	sensor_blanco_alto_A	Sensor capacitivo de nivel alto del SK1 de PVC blanco
I4.0	sensor_blanco_bajo_A	Sensor capacitivo de nivel bajo del SK1 de PVC blanco
I4.1	sensor_negro_alto_B	Sensor capacitivo de nivel alto del SK2 de PVC negro
I4.2	sensor_negro_bajo_B	Sensor capacitivo de nivel bajo del SK2 de PVC negro
I4.3	sensor_blanco_alto_B	Sensor capacitivo de nivel alto del SK2 de PVC blanco

I4.4	sensor_blanco_bajo_B	Sensor capacitivo de nivel bajo del SK2 de PVC blanco
I4.5	sensor_negro_alto_C	Sensor capacitivo de nivel alto del SK3 de PVC negro
I4.6	sensor_negro_bajo_C	Sensor capacitivo de nivel bajo del SK3 de PVC negro
I4.7	sensor_blanco_alto_C	Sensor capacitivo de nivel alto del SK3 de PVC blanco
I5.0	sensor_blanco_bajo_C	Sensor capacitivo de nivel bajo del SK3 de PVC blanco

Elaborado por: El Investigador

En cuanto a los elementos de salida se han asignado las siguientes direcciones:

Tabla 6. 16 Salidas utilizadas en la automatización

DIRECCION	NOMBRE	ELEMENTO
Q0.0	motor_peq_negro	Motor del tornillo sinfín de PVC negro
Q0.1	motor_peq_blanco	Motor del tornillo sinfín de PVC blanco
Q0.2	motor_ventil_negro	Motor del soplador de PVC negro
Q0.3	motor_ventil_blanco	Motor del soplador de PVC blanco
Q0.4	motor_tolva_color_negro	Motor de la válvula rotatoria de colorante de PVC negro
Q0.5	motor_tolva_rec_negro	Motor de la válvula rotatoria de recuperado de PVC negro
Q0.6	motor_tolva_blanco	Motor de la válvula rotatoria de colorante de PVC blanco
Q0.7	valvula_negro_A	Electroválvula que acciona la válvula pinch del SK1 de PVC negro
Q1.0	valvula_blanco_A	Electroválvula que acciona la válvula pinch del SK1 de PVC blanco
Q1.1	valvula_negro_B	Electroválvula que acciona la válvula pinch del SK2 de PVC negro
Q2.0	valvula_blanco_B	Electroválvula que acciona la válvula pinch del SK2 de PVC blanco
Q2.1	valvula_negro_C	Electroválvula que acciona la válvula pinch del SK3 de PVC negro
Q2.2	valvula_blanco_C	Electroválvula que acciona la válvula pinch del SK3 de PVC blanco

Q2.3	alarma	Alarma luminosa
------	--------	-----------------

Elaborado por: El Investigador

6.7.6 Programación del PLC

Para la programación del PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU 1214C se utiliza el software STEP 7 Basic V10.5, el cual se va a analizar detenidamente, además se estudiarán los principios básicos del funcionamiento del PLC SIEMENS y los principios de programación del mismo antes de proceder a la elaboración del programa que controlará el proceso de automatización.

6.7.6.1 STEP 7 Basic V10.5

Es el programador de los autómatas programables de SIEMENS. Permite programar todos los modelos, desde el S7-200 hasta el S7-1200. Además de un entorno de programación exhaustivo, STEP 7 Basic proporciona todas las herramientas necesarias para proyectar, probar y depurar cualquier sistema de automatización.

STEP 7 Basic proporciona un entorno de fácil manejo para configurar la lógica del controlador, la visualización de HMI y la comunicación por red. Para aumentar la productividad, STEP 7 Basic ofrece dos vistas diferentes del proyecto: distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario 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 (figura 6.27) proporciona una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las herramientas de acuerdo con la tarea que se va a realizar:

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



Figura 6. 27 Vista del Portal

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

La vista del proyecto (figura 6.28) proporciona acceso a todos los componentes del proyecto:

- 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

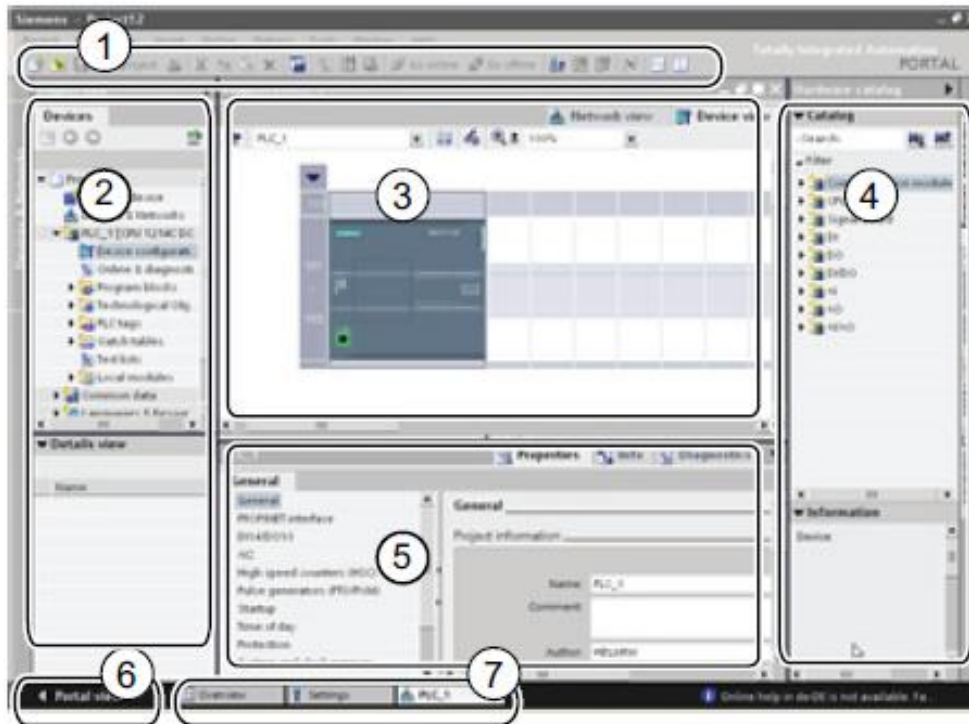


Figura 6. 28 Vista del Proyecto

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

- **Herramientas fáciles de utilizar**

Fácil entrada de instrucciones en el programa de usuario

STEP 7 Basic dispone de Task Cards que contienen las instrucciones que pueden utilizarse en el programa. Las instrucciones se agrupan por funciones. Para crear el programa, se arrastra las instrucciones desde las Task Cards a los diferentes segmentos mediante Drag & Drop.

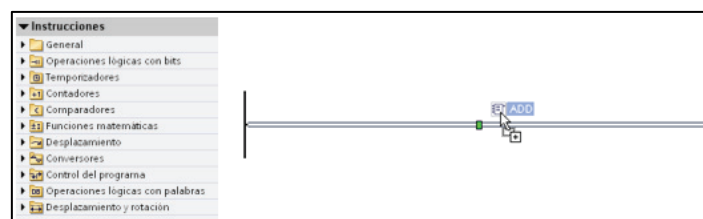


Figura 6. 29 Task Cards de STEP 7 Basic

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

Fácil acceso a las instrucciones más utilizadas desde la barra de herramientas

STEP 7 Basic proporciona una barra de herramienta de "Favoritos" que permite acceder rápidamente a las instrucciones utilizadas con mayor frecuencia.

Los "Favoritos" pueden personalizarse fácilmente agregando nuevas instrucciones. Para ello sólo hay que mover la instrucción a "Favoritos" mediante Drag & Drop. La instrucción está al alcance de un solo clic.

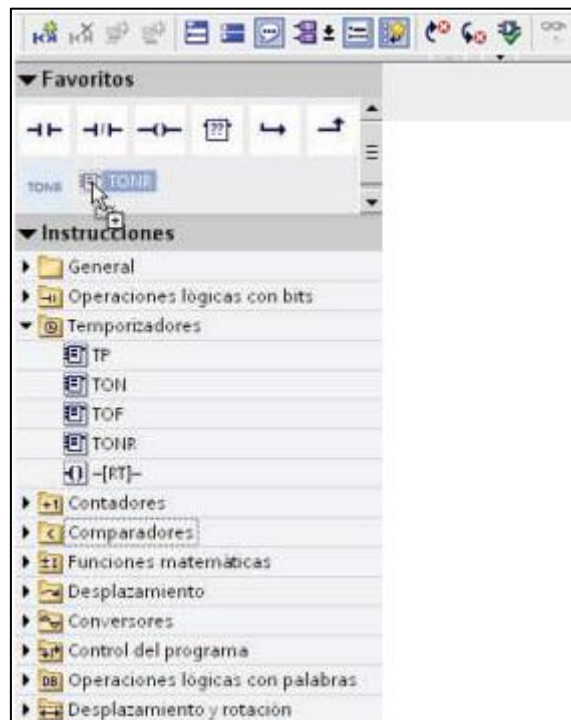


Figura 6. 30 Barra de Favoritos de STEP 7 Basic

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

La función de Drag & Drop puede utilizarse fácilmente entre editores

Para ayudar a realizar las tareas rápida y fácilmente, STEP 7 Basic permite arrastrar elementos mediante Drag & Drop de un editor a otro. Así, es posible, por ejemplo, arrastrar una entrada de la CPU a la dirección de una instrucción del programa de usuario, ya que los nombres de las variables no sólo se muestran en la tabla de variables PLC, sino también en la CPU (es necesario ampliar el zoom como mínimo al 200% para poder seleccionar la E/S de la CPU).

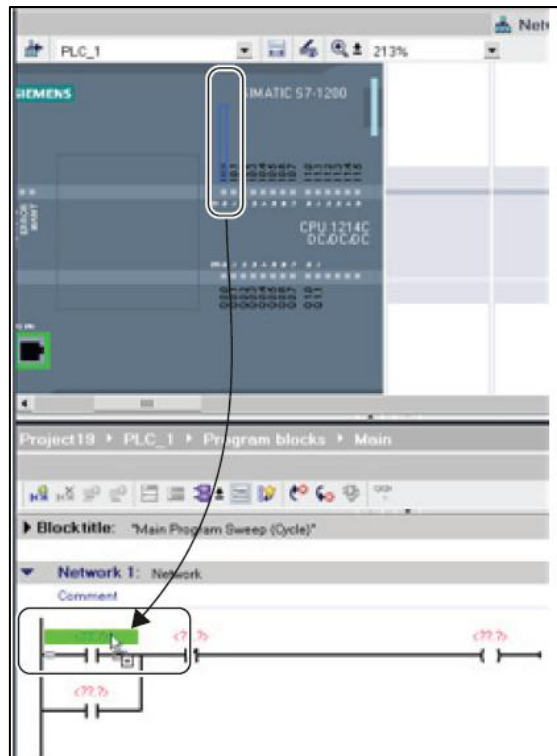


Figura 6. 31 Drag & Drop de STEP 7 Basic

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

6.7.6.2 Principios básicos del PLC SIEMENS S7-1200

Los principios básicos del PLC SIEMENS S7-1200 son:

6.7.6.2.1 Las tareas se realizan en cada ciclo

En cada ciclo se escribe en las salidas, se leen las entradas, se ejecutan las instrucciones del programa de usuario y se realiza el mantenimiento del sistema o procesamiento en segundo plano. En inglés, el ciclo también se llama "scan cycle" o "scan". En condiciones estándar, todas las E/S digitales y analógicas se actualizan de forma síncrona con el ciclo, utilizando un área de memoria interna denominada memoria imagen de proceso. La memoria imagen de proceso contiene una instantánea de las entradas y salidas físicas de la CPU y de los módulos de señales.

La CPU lee las entradas físicas inmediatamente antes de ejecutar el programa de usuario y almacena los valores de entrada en la memoria imagen de proceso de las entradas. Así se garantiza que estos valores sean coherentes durante la ejecución de las instrucciones programadas.

La CPU ejecuta la lógica de las instrucciones programadas y actualiza los valores de salida en la memoria imagen de proceso de las salidas, en vez de escribirlos en las salidas físicas reales.

Tras ejecutar el programa de usuario, la CPU escribe las salidas resultantes de la memoria imagen de proceso de las salidas en las salidas físicas.

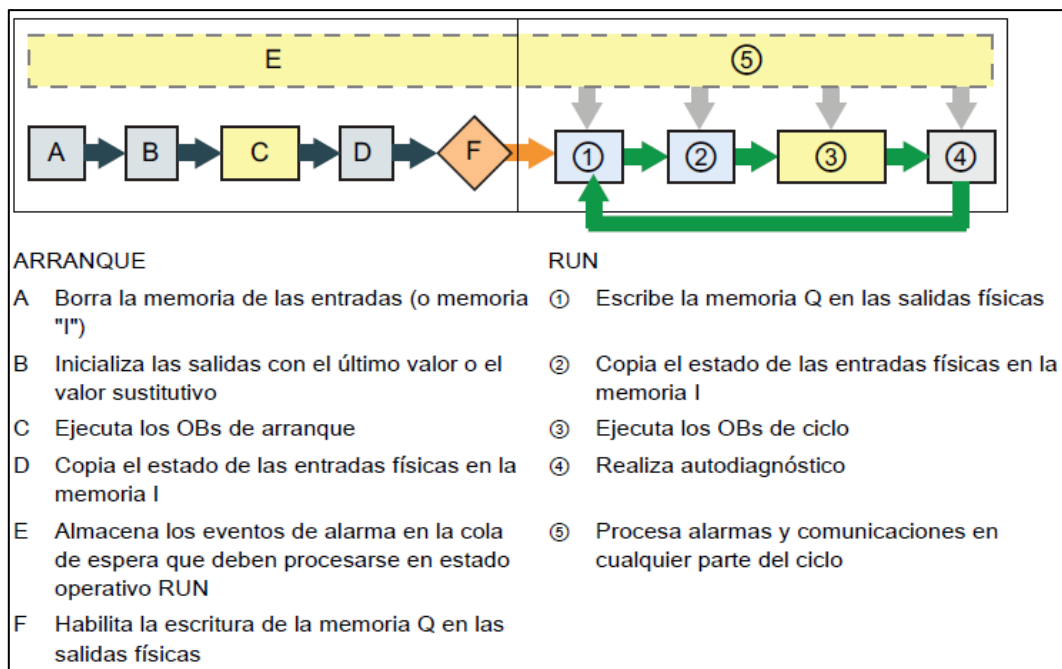


Figura 6. 32 Ciclo de proceso del CPU 1214C

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

6.7.6.2.2 Estados operativos de la CPU

La CPU tiene tres estados operativos, a saber: STOP, ARRANQUE y RUN. Los LEDs de estado en el frente de la CPU indican el estado operativo actual.

- En estado operativo STOP, la CPU no ejecuta el programa. Entonces es posible cargar un proyecto en la CPU.
- En el modo ARRANQUE, la CPU ejecuta cualquier lógica de arranque existente. Los eventos de alarma no se procesan durante el modo de arranque.
- El ciclo se ejecuta repetidamente en estado operativo RUN. Los eventos de alarma pueden ocurrir y procesarse en cualquier fase del ciclo del programa.

6.7.6.2.3 Tipos de datos soportados por el S7-1200

Los tipos de datos se utilizan para determinar el tamaño de un elemento de datos y cómo deben interpretarse los datos.

Todo parámetro de instrucción soporta como mínimo un tipo de datos. Algunos parámetros soportan varios tipos de datos. Al situar el cursor sobre el campo de parámetro de una instrucción se puede ver qué tipos de datos soporta el parámetro en cuestión. En la tabla 6.17 se describen los tipos de datos existentes.

Tabla 6. 17 Tipos de datos que soporta el PLC S7-1200

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 to T#24d_20h_31m_23s_647ms Almacenado como: -2,147,483,648 ms to +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'
DTL ¹	12 bytes	Mínima: DTL#1970-01-01-00:00:00.0 Máxima: DTL#2554-12-31-23:59:59.999 999 999	DTL#2008-12-16-20:30:20.250

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

6.7.6.2.4 Áreas de memoria y direccionamiento

La CPU ofrece varias opciones para almacenar datos durante la ejecución del programa de usuario:

- Memoria global: La CPU ofrece distintas áreas de memoria, incluyendo entradas (I), salidas (Q) y marcas (M). Todos los bloques lógicos pueden acceder sin restricción alguna a esta memoria.

- Bloque de datos (DB): Es posible incluir DBs en el programa de usuario para almacenar los datos de los bloques lógicos. Los datos almacenados se conservan cuando finaliza la ejecución del bloque lógico asociado. Un DB "global" almacena datos que pueden ser utilizados por todos los bloques lógicos, mientras que un DB instancia almacena datos para un bloque de función (FB).
- Memoria temporal: Cada vez que se llama un bloque lógico, el sistema operativo de la CPU asigna la memoria temporal o local (L) que debe utilizarse durante la ejecución del bloque. Cuando finaliza la ejecución del bloque lógico, la CPU reasigna la memoria local para la ejecución de otros bloques lógicos.

Tabla 6. 18 Áreas de memoria el PLC S7-1200

Área de memoria	Descripción	Forzado permanente
I Memoria imagen de proceso de las entradas	Se copia de las entradas físicas al inicio del ciclo	No
I_:P ¹ (entrada física)	Lectura inmediata de las entradas físicas de la CPU, SB y SM	Sí
Q Memoria imagen de proceso de las salidas	Se copia en las salidas físicas al inicio del ciclo	No
Q_:P ¹ (salida física)	Escritura inmediata en las salidas físicas de la CPU, SB y SM	Sí
M Área de marcas	Control y memoria de datos	No
L Memoria temporal	Datos locales temporales de un bloque	No
DB Bloque de datos	Memoria de datos y de parámetros de FBs	No

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

Toda posición de memoria diferente tiene una dirección unívoca. El programa de usuario utiliza estas direcciones para acceder a la información de la posición de memoria. La figura 6.37 muestra cómo acceder a un bit (lo que también se conoce como direccionamiento "byte.bit"). En este ejemplo, el área de memoria y la dirección del byte (M = marca y 3 = byte 3) van seguidas de un punto (".") que separa la dirección del bit (bit 4).

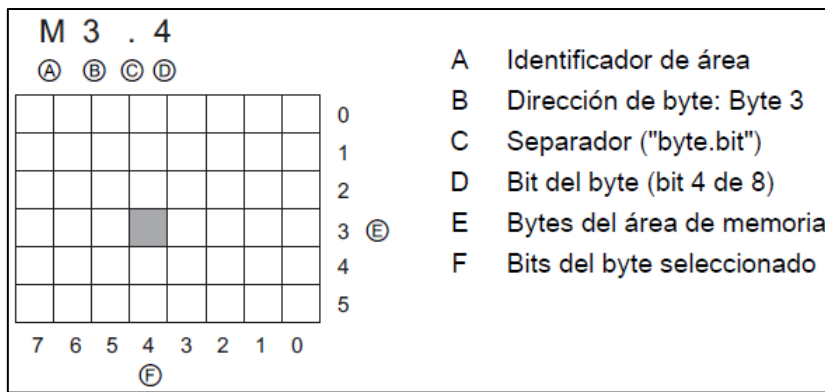


Figura 6. 33 Direccionamiento de variables

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

6.7.6.2.5 Ejecución del programa de usuario

La CPU soporta los siguientes tipos de bloques lógicos que permiten estructurar eficientemente el programa de usuario:

- Un bloque de organización (OB) es un bloque lógico que generalmente contiene la lógica principal del programa. El OB reacciona a un evento específico en la CPU y puede interrumpir la ejecución del programa de usuario. El bloque predeterminado para la ejecución cíclica del programa de usuario (OB 1) ofrece la estructura básica y es el único bloque lógico que se requiere para el programa de usuario. Los OBs restantes ejecutan funciones específicas, tales como tareas de arranque, procesamiento de alarmas y tratamiento de errores, o ejecución de una lógica de programa específica en determinados intervalos.
- Un bloque de función (FB) es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). El bloque que efectúa la llamada transfiere parámetros al FB e identifica un bloque de datos determinado (DB) que almacena los datos de la llamada o instancia específica de ese FB. La modificación del DB instancia permite a un FB genérico controlar el funcionamiento de un conjunto de dispositivos. Por ejemplo, un solo FB puede controlar varias bombas o válvulas con diferentes DBs de instancia que contienen los parámetros operativos específicos de cada bomba o válvula.
- Una función (FC) es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). La FC no tiene un DB instancia asociado. El

bloque que efectúa la llamada transfiere parámetros a la FC. Los valores de salida de la FC deben escribirse en una dirección de la memoria o en un DB global si otros componentes del programa de usuario necesitan utilizarlos.

El tamaño del programa de usuario, los datos y la configuración está limitado por la memoria de carga disponible y la memoria de trabajo de la CPU. El número de bloques soportado no está limitado. El único límite es la memoria disponible.

6.7.6.3 Principios básicos de programación

6.7.6.3.1 Seleccionar el lenguaje de programación

Es posible elegir entre el lenguaje de programación KOP (Esquema de contactos) o FUP (Diagrama de funciones), ya que estos dos tipos de lenguaje son los únicos que dispone el software STEP 7 Basic.

Lenguaje de programación KOP

KOP es un lenguaje de programación gráfico. Su representación es similar a los esquemas de circuitos. Los elementos de un esquema de circuitos, tales como los contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos, así como las bobinas, se combinan para formar segmentos.

Para crear la lógica de operaciones complejas, es posible insertar ramas para los circuitos paralelos. Las ramas paralelas se abren hacia abajo o se conectan directamente a la barra de alimentación. Las ramas se terminan hacia arriba. KOP ofrece instrucciones con cuadros para numerosas funciones, p. ej. matemáticas, temporizadores, contadores y transferencia.

Se debe tener en cuenta las reglas siguientes al crear segmentos KOP:

- Todo segmento KOP debe terminar con una bobina o cuadro. No en un segmento con una instrucción de comparación ni de detección de flancos (ascendentes o descendentes).

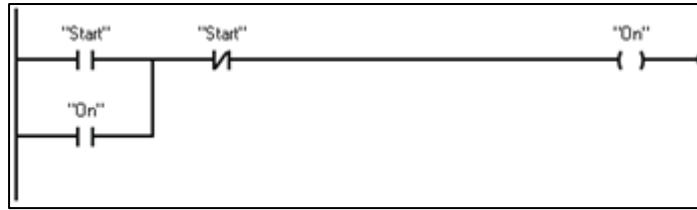


Figura 6. 34 Lenguaje KOP

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

- No se permite programar ramas que puedan ocasionar un flujo invertido de la corriente.

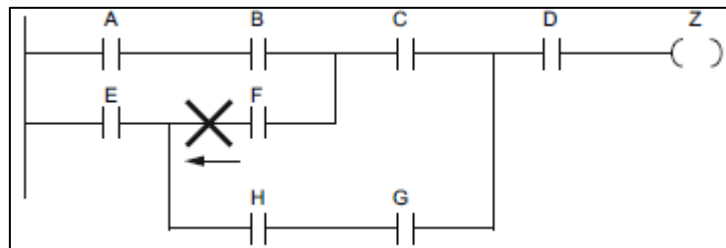


Figura 6. 35 Flujo de Corriente invertido en lenguaje KOP

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

- No se permite programar ramas que causen cortocircuitos

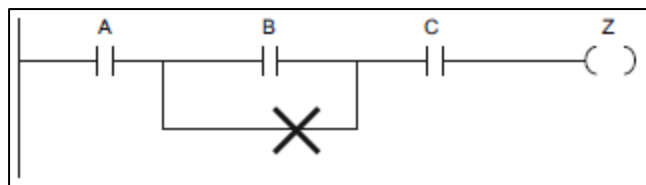


Figura 6. 36 Cortocircuito en lenguaje KOP

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

Lenguaje de programación Diagrama de funciones (FUP)

Al igual que KOP, FUP es un lenguaje de programación gráfico. La representación de la lógica se basa en los símbolos lógicos gráficos del álgebra booleana.

Las funciones matemáticas y otras operaciones complejas pueden representarse directamente en combinación con los cuadros lógicos. Para crear la lógica de operaciones complejas, se insertan ramas paralelas entre los cuadros.

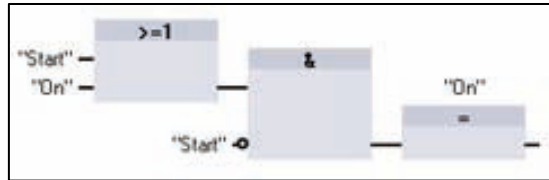


Figura 6. 37 Lenguaje FUP

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

6.7.6.3.2 Instrucciones de programación

Contactos KOP

Los contactos se pueden conectar a otros contactos, creando así una lógica combinatorial propia. Si el bit de entrada indicado utiliza el identificador de memoria I (entrada) o Q (salida), el valor de bit se lee de la memoria imagen de proceso. Las señales de los contactos físicos del proceso controlado se cablean con los bornes de entrada del PLC. La CPU consulta las señales de entrada cableadas y actualiza continuamente los valores de estado correspondientes en la memoria imagen de proceso de las entradas.

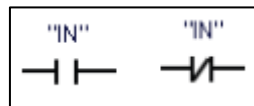


Figura 6. 38 Contacto normalmente abierto y contacto normalmente cerrado

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

- El contacto normalmente abierto se cierra (ON) cuando el valor de bit asignado es igual a 1.
- El contacto normalmente cerrado se cierra (ON) cuando el valor de bit asignado es igual a 0.
- Los contactos conectados en serie crean segmentos lógicos Y.
- Los contactos conectados en paralelo crean segmentos lógicos O.

Bobina de salida KOP

La instrucción "Bobina de salida, relé" escribe un valor en un bit de salida. Si el bit de salida indicado utiliza el identificador de memoria Q, la CPU activa o desactiva

el bit de salida en la memoria imagen de proceso, poniendo el bit especificado al correspondiente estado de flujo de corriente. Las señales de salida de los actuadores se cablean con los bornes de salida del S7-1200. En estado operativo RUN, la CPU consulta continuamente las señales de entrada, procesa los estados de las entradas según la lógica del programa y escribe los nuevos valores de las salidas en la memoria imagen de proceso de las salidas.

Tras cada ciclo del programa, la CPU transfiere el nuevo estado de las salidas almacenado en la memoria imagen de proceso a los bornes de salida cableados.

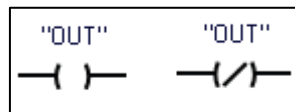


Figura 6. 39 Bobina de salida KOP

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

- Si fluye corriente a través de una bobina de salida, el bit de salida se pone a 1.
- Si no fluye corriente a través de una bobina de salida, el bit de la bobina de salida se pone a 0.
- Si fluye corriente a través de una bobina de relé negada, el bit de salida se pone a 0.
- Si no fluye corriente a través de una bobina de relé negada, el bit de salida se pone a 1.

Instrucciones "Activar salida" y "Desactivar salida"

- Si se activa S (Set), el valor de datos de la dirección de salida OUT se pone a 1. Si no se activa S, no se modifica OUT.
- Si se activa R (Reset), el valor de datos de la dirección de salida OUT se pone a 0. Si no se activa R, no se modifica OUT.
- Estas instrucciones pueden disponerse en cualquier posición del segmento.

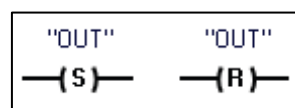


Figura 6. 40 S y R: Activar y desactivar 1 bit

Temporizadores

Las instrucciones con temporizadores se utilizan para crear retardos programados:

- **TP:** El temporizador Impulso genera un impulso con una duración predeterminada.
- **TON:** La salida Q del temporizador de retardo al conectar se activa al cabo de un tiempo de retardo predeterminado.
- **TOF:** La salida Q del temporizador de retardo al desconectar se desactiva al cabo de un tiempo de retardo predeterminado.
- **TONR:** La salida Q del acumulador de tiempo se activa al cabo de un tiempo de retardo predeterminado. El tiempo transcurrido se acumula a lo largo de varios periodos de temporización hasta que la entrada R inicializa el tiempo transcurrido.

Los temporizadores TP, TON y TOF tienen los mismos parámetros de entrada y salida.

El temporizador TONR dispone adicionalmente de la entrada de reset R.

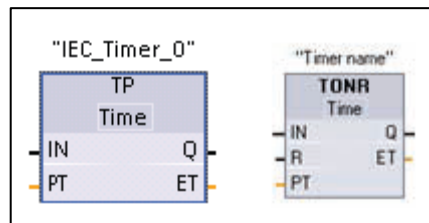


Figura 6. 41 Temporizadores

El parámetro IN inicia y detiene los temporizadores:

- Un cambio de 0 a 1 del parámetro IN inicia los temporizadores TP, TON y TONR.
- Un cambio de 1 a 0 del parámetro IN inicia el temporizador TOF.

Tabla 6. 19 Parámetros de los temporizadores

Parámetro	Tipo de datos	Descripción
IN	Bool	Habilitar entrada del temporizador
R	Bool	Poner a cero el tiempo transcurrido de TONR
PT	Bool	Entrada que indica el tiempo predeterminado
Q	Bool	Salida del temporizador
ET	Time	Salida que indica el tiempo transcurrido
Bloque de datos temporizador	DB	Indica qué temporizador debe inicializarse con la instrucción RT

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

Funciones matemáticas

Instrucciones "Sumar", "Restar", "Multiplicar" y "Dividir"

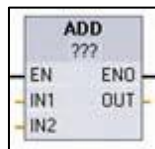


Figura 6. 42 Función SUMA

Fuente: Manual del Controlador programable S7-1200

Las instrucciones matemáticas con cuadros se utilizan para programar las operaciones matemáticas básicas:

- ADD: Sumar ($IN1 + IN2 = OUT$)
- SUB: Restar ($IN1 - IN2 = OUT$)
- MUL: Multiplicar ($IN1 * IN2 = OUT$)
- DIV: Dividir ($IN1 / IN2 = OUT$)
- Una operación de división de enteros trunca la parte fraccionaria del cociente y produce un valor de salida entero.

6.7.6.4 Elaboración del programa

Los pasos a seguir en la programación de esta automatización son los siguientes:

1. Creación de un nuevo proyecto:

En el portal Inicio, se hace clic en "Crear proyecto". Se introduce un nombre para el proyecto: "SISTEMA_DE_ABASTECIMIENTO_PVC-LONA", y se da clic en el botón "Crear".

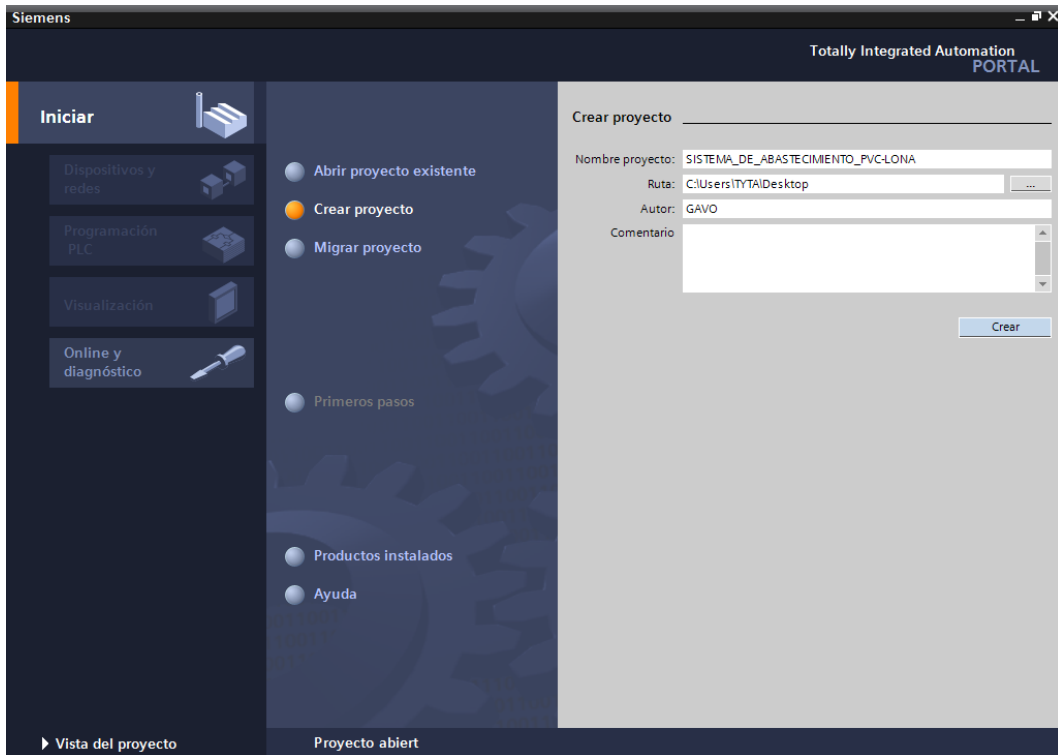


Figura 6. 43 Ventana del portal Inicio

Elaborado por: El Investigador

2. Configuración de Dispositivos del proyecto:

Una vez creado el proyecto, se selecciona el portal Dispositivos y redes. Luego se hace clic en el botón "Agregar nuevo dispositivo".



Figura 6. 44 Ventana de Dispositivos y redes

Elaborado por: El Investigador

Para seleccionar la CPU que se desea agregar al proyecto:

1. En el cuadro de diálogo "Agregar nuevo dispositivo", se hace clic en el botón "SIMATIC PLC".
2. Se selecciona una CPU de la lista. En este caso es la CPU 1214C AC/DC/Rly.
3. Para agregar la CPU seleccionada al proyecto, se da clic en el botón "Agregar".

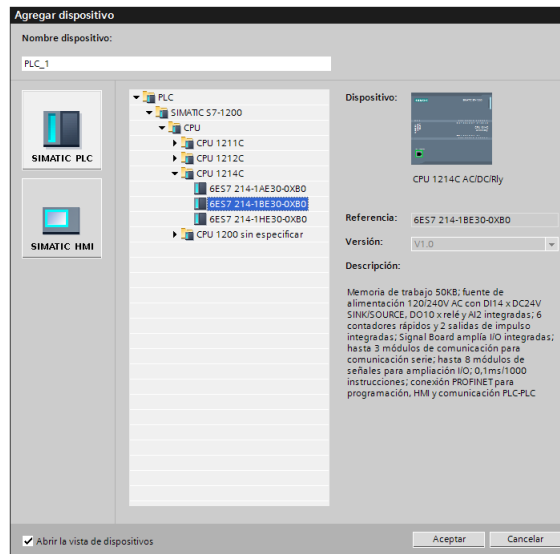


Figura 6. 45 Ventana de Agregar dispositivos

Elaborado por: El Investigador

Al estar seleccionada la opción "Abrir la vista de dispositivos". Al hacer clic en "Agregar" con esta opción seleccionada se abre la "Configuración de dispositivos" de la vista del proyecto.

La vista de dispositivos muestra la CPU agregada.

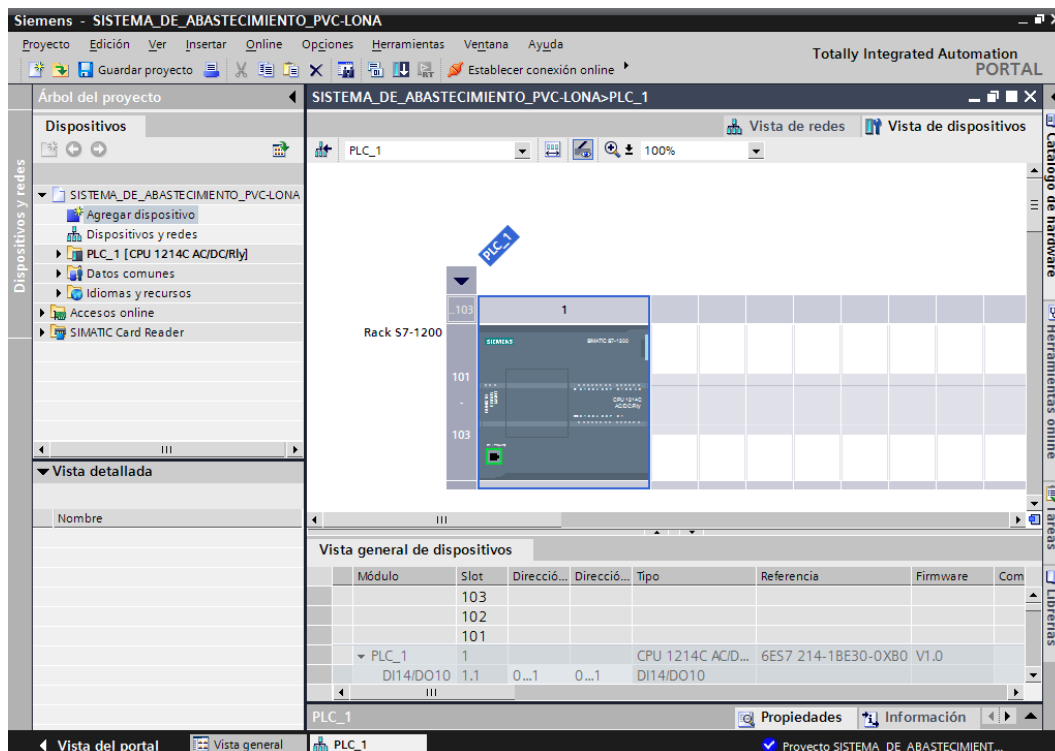


Figura 6. 46 Ventana de Vista de dispositivos

Elaborado por: El Investigador

Como ya se mencionó anteriormente, es necesario añadir dos módulos de expansión para completar el número de entradas y salidas deseadas.

Para agregar el módulo de 16 entradas digitales SM1221 al proyecto:

1. En la parte derecha de la "Vista del Proyecto", se hace clic en la pestaña "Catálogo de hardware".
2. Se selecciona el módulo de la lista. En este caso es el módulo con la referencia 6ES7 221-1BH30-0XB0.
3. Para agregar el módulo al proyecto, se arrastra el módulo seleccionado hasta el Rack del PLC S7-1200.

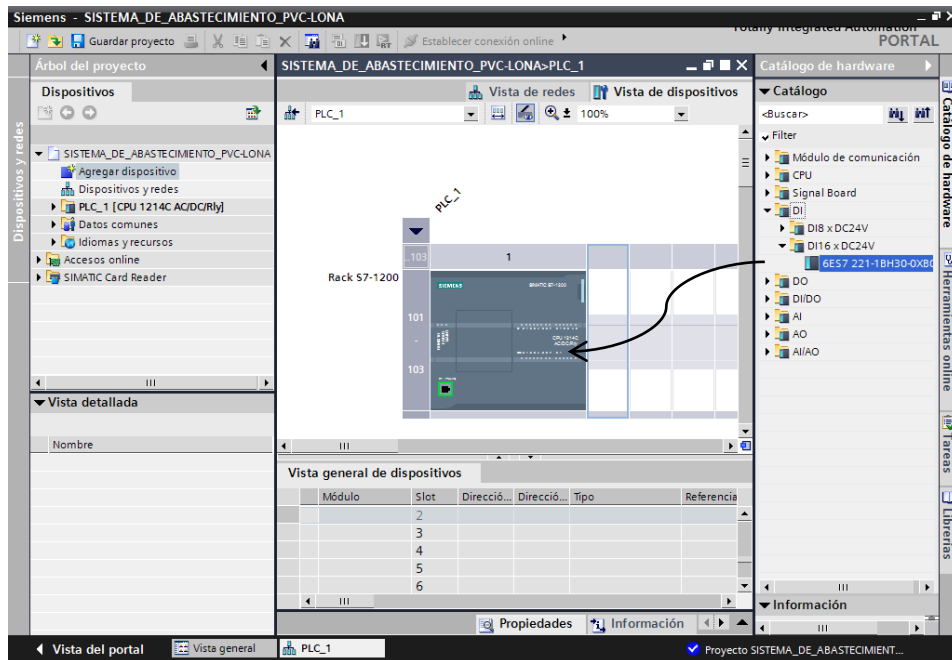


Figura 6. 47 Ventana de Catálogo de hardware SM1221

Elaborado por: El Investigador

Para agregar el módulo de 16 entradas digitales y 16 salidas de relé SM1223:

1. En el mismo "Catálogo de hardware" se selecciona el módulo de la lista con la referencia 6ES7 223-1PL30-0XB0
2. Se arrastra el módulo seleccionado hasta el Rack del PLC S7-1200.

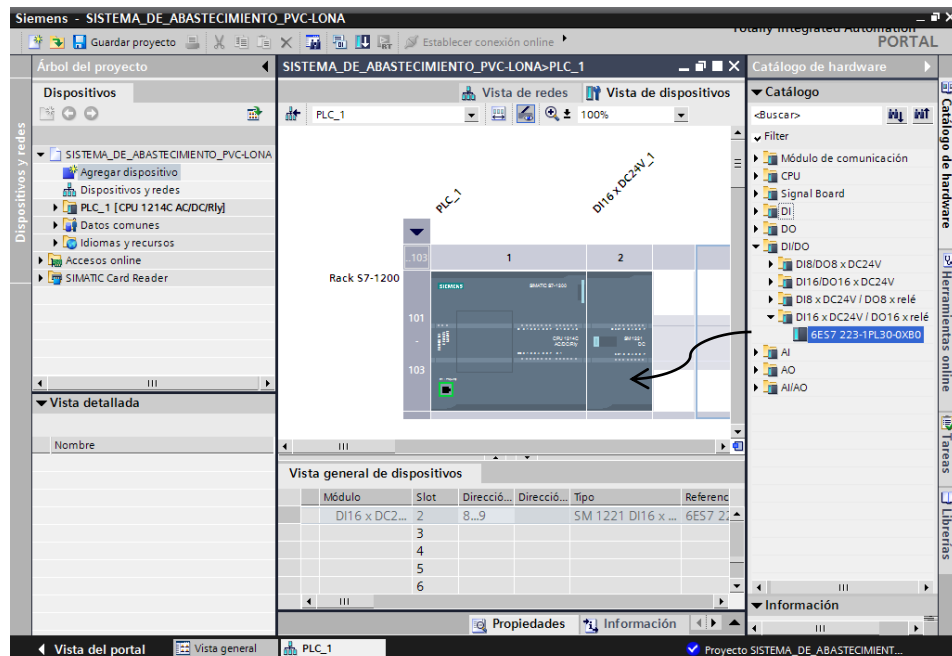


Figura 6. 48 Ventana de Catálogo de hardware SM1223

Elaborado por: El Investigador

De esta forma ya se ha agregado los elementos necesarios que permitirán que el PLC controle correctamente el proceso.

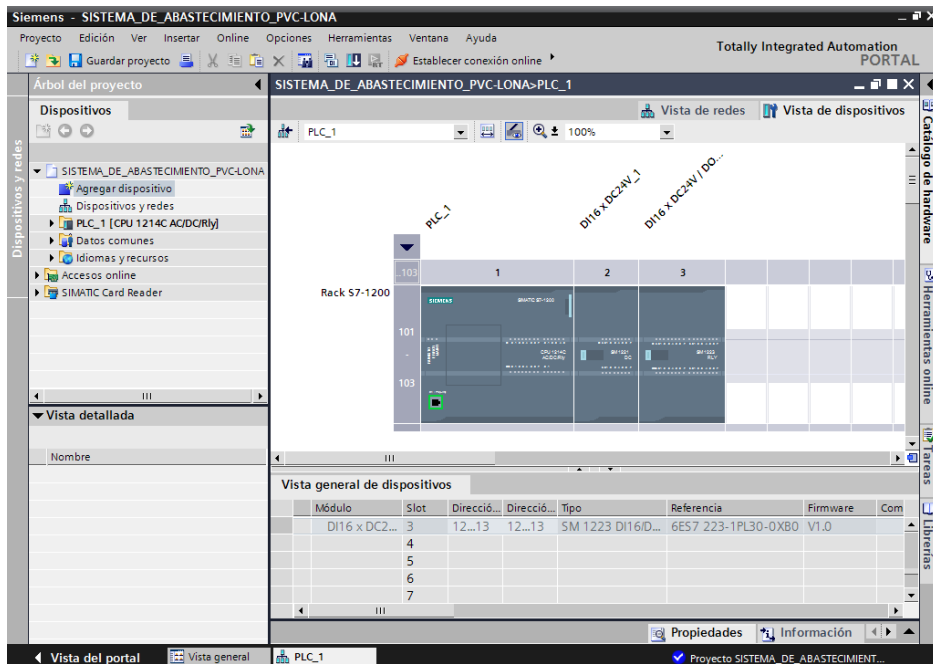


Figura 6. 49 Ventana de Vista de CPU y módulos agregados

Elaborado por: El Investigador

3. Configuración de Variables del PLC:

En el “Árbol del proyecto” que está ubicado en la parte izquierda de la ventana, se abre la carpeta “Variables PLC” y se da doble clic en “Variables PLC (0)”.

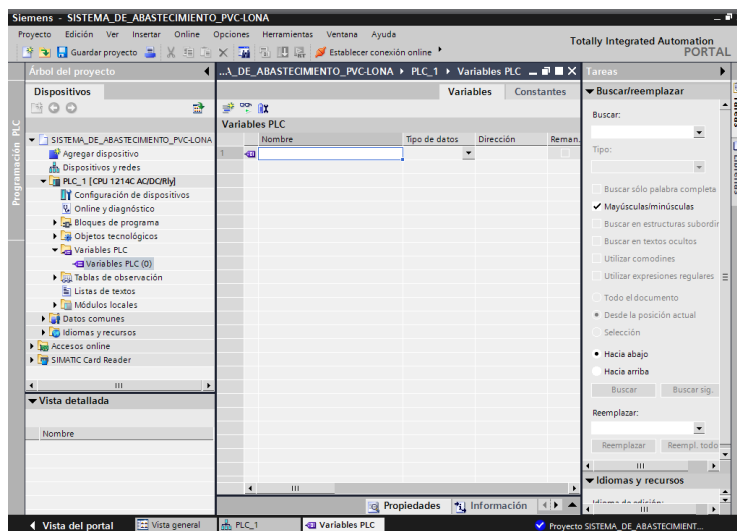


Figura 6. 50 Ventana de Variables del PLC

Elaborado por: El Investigador

Posteriormente se introduce todas las variables de entrada y salida con sus respectivas direcciones, así como también las marcas internas que se van a utilizar en la programación.

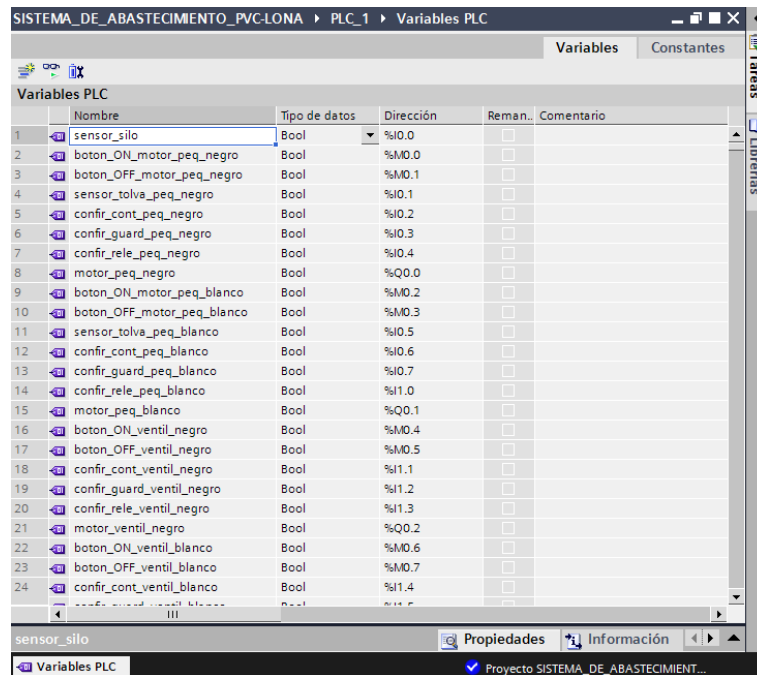


Figura 6. 51 Ventana de Variables del PLC ingresadas

Elaborado por: El Investigador

4. Entorno de programación:

La lógica del programa consiste en una serie de instrucciones que el PLC ejecuta siguiendo una secuencia. Para este proyecto se utilizó la lógica de Esquema de contactos (KOP) para crear la lógica del programa. El programa KOP es una secuencia de segmentos semejantes a los peldaños de una escalera.

Para abrir el editor de programación, se procede del siguiente modo:

1. Se abre la carpeta "Bloques de programa" en el árbol del proyecto para ver el bloque "Main [OB1]".
2. Se da doble clic en el bloque "Principal [OB1]".

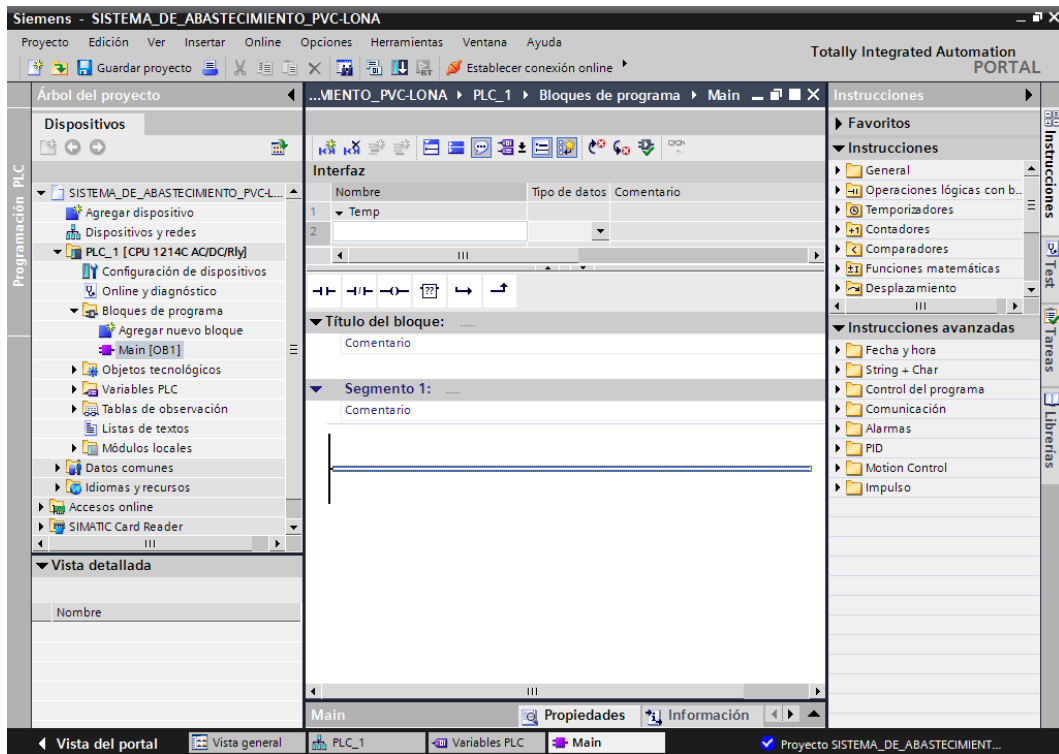


Figura 6. 52 Ventana del Editor de programación

Elaborado por: El Investigador

➤ Descripción del ciclo de trabajo

El sistema de control automático para abastecimiento de PVC puede trabajar en modo manual y en modo automático.

Modo manual

En este modo de trabajo el operador podrá activar o desactivar manualmente uno por uno los actuadores que están involucrados en el proceso; pero la activación de algunos actuadores dependerá del estado de otros actuadores, lo cual se detallará a continuación:

- El primer elemento que se debe activar es una de las válvulas pinch y el primer motor que se debe encender es el del soplador, solo si ha transcurrido un minuto como tiempo mínimo después de encenderlo se puede proceder a activar el motor del tornillo sinfín, esto se hace con el objetivo de limpiar por completo la tubería antes de empezar a transportar el PVC.

- Solo si el motor del tornillo sinfín esta encendido entonces es posible activar los motores de las válvulas rotatorias de dosificación de colorante y recuperado de PVC.
- Para desactivar los actuadores se realiza el proceso inverso al descrito anteriormente, es decir, se debe apagar primero los motores de las válvulas rotatorias de dosificación de colorante y recuperado de PVC, luego se apaga el motor del tornillo sinfín, posteriormente se debe apagar el motor del soplador y por último se deberá cerrar la válvula pinch por la cual estaba atravesando el PVC

Modo automático

En este modo de trabajo el operador solo tiene que pulsar el botón “RUN” para que todos los actuadores se enciendan secuencialmente de forma automática, de la siguiente manera:

- Al pulsar el botón “RUN” se activan al mismo tiempo el soplador y la válvula pinch del SK1.
- Un minuto después (con la tubería totalmente limpia) se encienden los motores del tornillo sinfín y de las válvulas rotatorias de dosificación de colorante y recuperado de PVC.
- Cuando uno de los SK´s se llena totalmente, entonces se cierra la válvula pinch del SK que se llenó y se abre la válvula pinch del siguiente SK y así sucesivamente.
- Si se da el caso en el que todos los SK´s están llenos de material, entonces el sistema se detiene temporalmente hasta que descienda el nivel de llenado de cualquiera de los SK´s.


Así mismo, si el operador desea detener el proceso solo tiene que pulsar el botón “STOP” para que todos los elementos actuadores se apaguen secuencialmente en orden inverso al de encendido de forma automática.

Cabe resaltar que tanto en modo manual como en automático se realiza un control del nivel de material en el silo de PVC incoloro, en las tolvas de dosificación de colorante y recuperado de PVC, y en los SK's; además se tiene

un monitoreo de fallas en cualquier elemento del sistema automatizado mediante un disparo de alarmas.

En el **ANEXO C** se puede observar la programación de la automatización en el esquema de contactos.

5. Verificación del programa:

El chequeo del programa se realiza durante la compilación. Para realizar la compilación se debe seleccionar el icono . Los posibles errores o avisos se muestran en la ventana de salida.

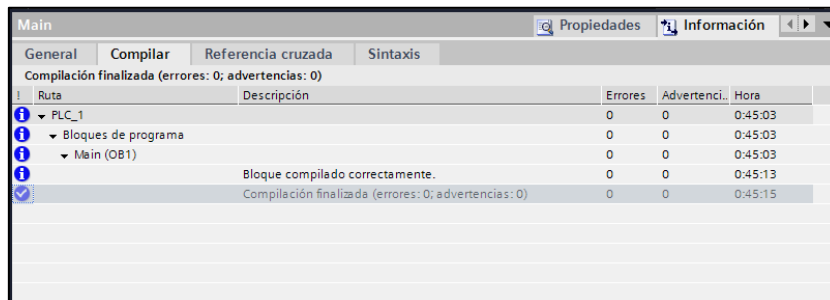


Figura 6. 53 Ventana de Compilación del programa del PLC

Elaborado por: El Investigador

6. Transferencia del programa:

Antes de transferir el programa al PLC es necesario configurar las direcciones IP de la programadora y del PLC para establecer una conexión de red que permita la comunicación de estos dispositivos.

➤ Asignar la dirección IP a la Programadora

La dirección IP de la programadora se puede asignar mediante los siguientes comandos de menú:

- (Clic con el botón derecho del ratón en "Mis sitios de red")
- "Propiedades"
- (Clic con el botón derecho del ratón en) "Conexión de área local"
- "Propiedades"

- En el diálogo "Propiedades de conexión de área local", campo "Esta conexión utiliza los siguientes elementos:", se desplaza hasta "Protocolo Internet (TCP/IP)". Se hace clic en "Protocolo Internet (TCP/IP)" y luego en el botón "Propiedades". Se selecciona "Usar la siguiente dirección IP" (para introducir una dirección IP estática), que en este caso será 192.168.0.1

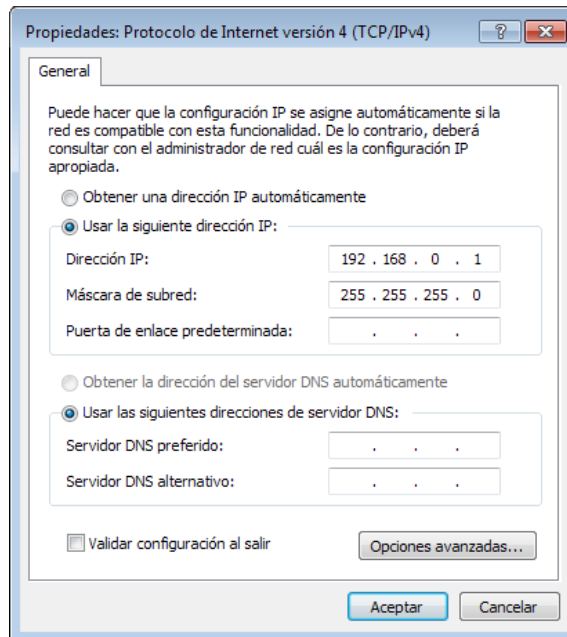


Figura 6. 54 Ventana de configuración de IP de la Programadora

Elaborado por: El Investigador

➤ **Configurar la interfaz PROFINET del PLC**

En el Árbol del proyecto se da doble clic en "Dispositivos y redes" para acceder a la vista de dispositivos. Luego se hace clic en la casilla PROFINET en la CPU para seleccionar el puerto PROFINET.

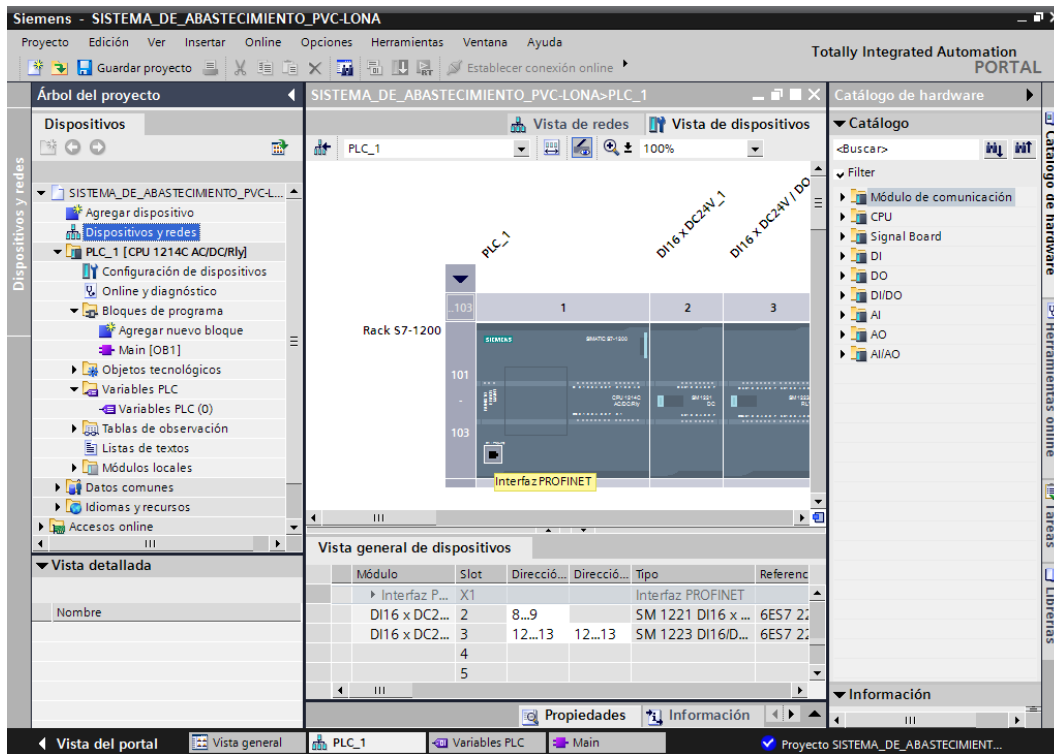


Figura 6. 55 Ventana de Dispositivos y redes

Elaborado por: El Investigador

En la ventana de la Interfaz PROFINET, se selecciona la entrada de configuración "Direcciones Ethernet". En el campo "Dirección IP" se asigna la dirección IP del PLC que será 192.168.0.2

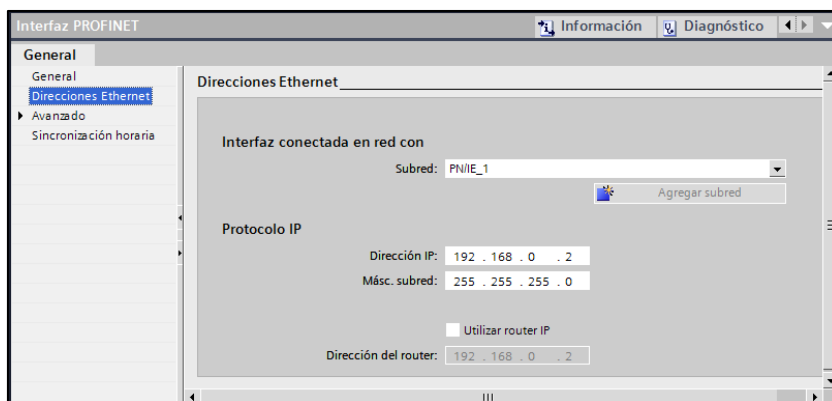


Figura 6. 56 Ventana de Interfaz PROFINET del PLC

Elaborado por: El Investigador

Una vez que ya se tiene la conexión de red se procede a la transferencia del programa. Para ello se da clic derecho en la carpeta PLC del “Árbol del proyecto”, se selecciona la pestaña “Cargar en dispositivo” y se hace clic en “Todo”.

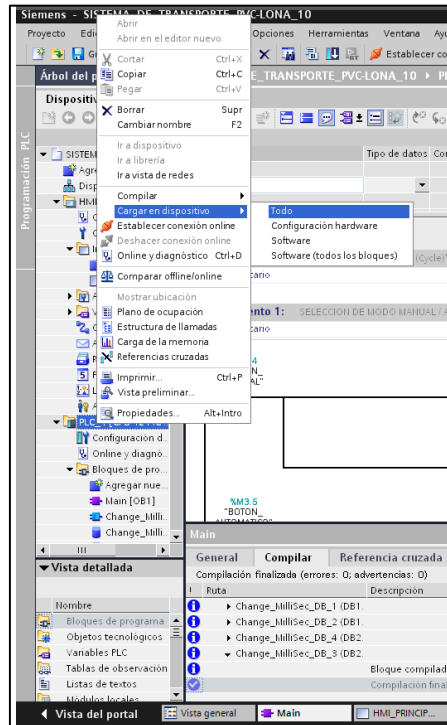


Figura 6. 57 Ventana de Carga en el dispositivo PLC

Elaborado por: El Investigador

Posteriormente se despliega una ventana de confirmación y se da clic en el botón “Aceptar”.

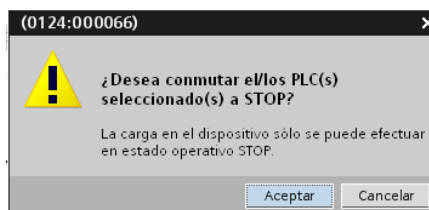


Figura 6. 58 Ventana de Confirmación de carga del programa en el PLC

Elaborado por: El Investigador

Luego aparece la ventana de comprobación del dispositivo PLC, ya que se verifica que el dispositivo está listo se procede a dar clic en el botón “Cargar”.

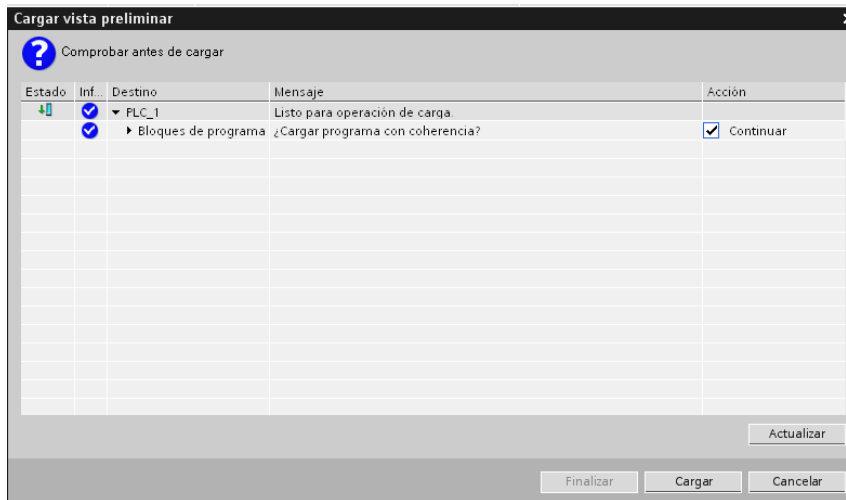


Figura 6. 59 Ventana de Comprobación del dispositivo PLC

Elaborado por: El Investigador

Después se presenta la ventana del progreso de carga del programa en el PLC.

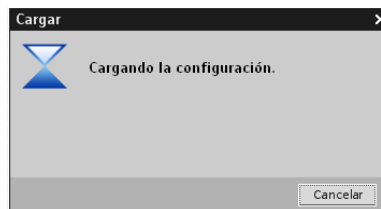


Figura 6. 60 Ventana de Progreso de carga del programa en el PLC

Elaborado por: El Investigador

Finalmente, se despliega la ventana de resultados de carga del programa y se da clic en finalizar.

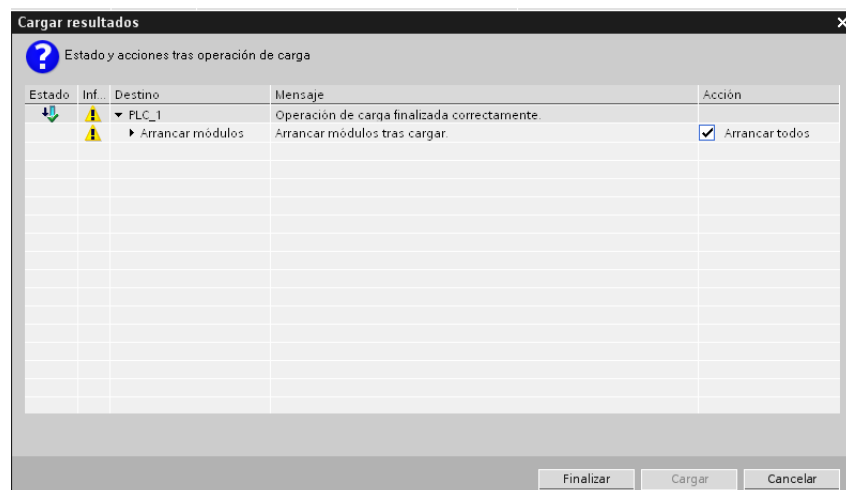


Figura 6. 61 Ventana de Resultados de carga del programa en el PLC

Elaborado por: El Investigador

6.7.7 Programación de la HMI

Para la programación de la SIMATIC HMI KTP1000BASIC COLORPN se utilizará el mismo software STEP 7 Basic V10.5 ya que tiene la gran ventaja de asociar fácilmente las variables del PLC con las variables de la HMI.

1. Agregar la HMI al proyecto:

Para seleccionar la HMI que se desea agregar al proyecto:

1. En el Árbol del proyecto se da doble clic en "Agregar dispositivo".
2. En el cuadro de diálogo "Agregar dispositivo", se hace clic en el botón "SIMATIC HMI".
3. Se selecciona una HMI de la lista. En este caso es la KTP1000 PN.
4. Para agregar la HMI seleccionada al proyecto, se da clic en el botón "Aceptar".

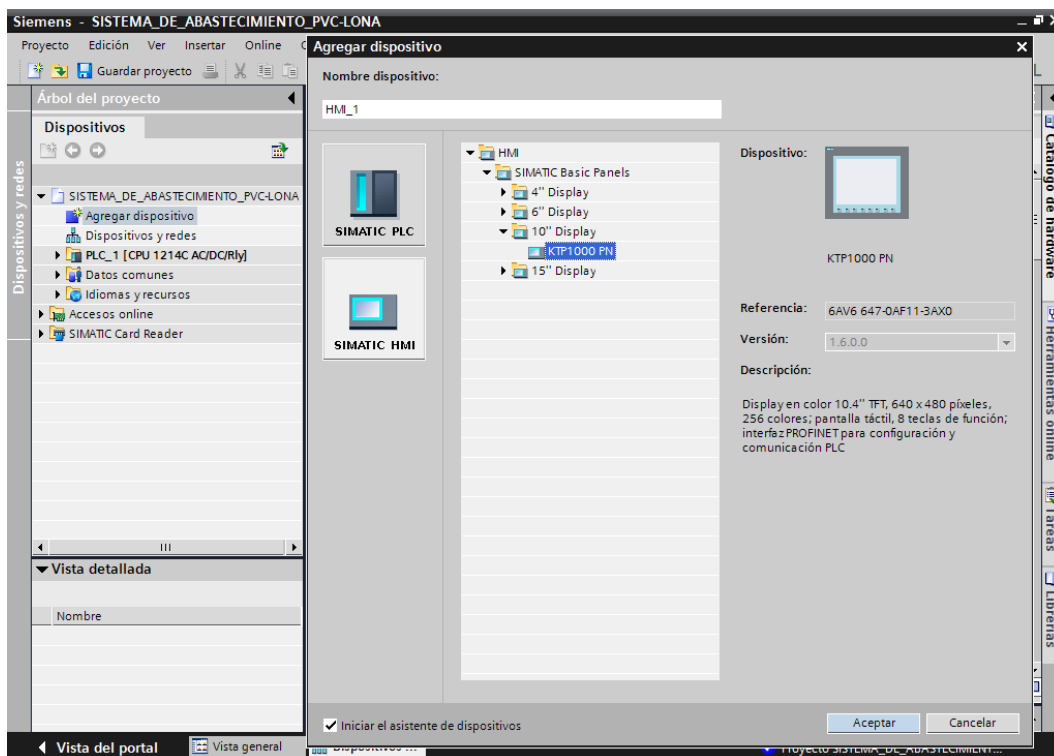


Figura 6. 62 Ventana de Diálogo para agregar dispositivos

Elaborado por: El Investigador

El dispositivo está agregado al proyecto. STEP 7 Basic proporciona un asistente para HMI, que ayuda a configurar todas las pantallas de la HMI.

Para crear una plantilla para la imagen HMI, se procede del siguiente modo:

1. En el cuadro de diálogo "Conexiones de PLC", se configura la conexión con el controlador.

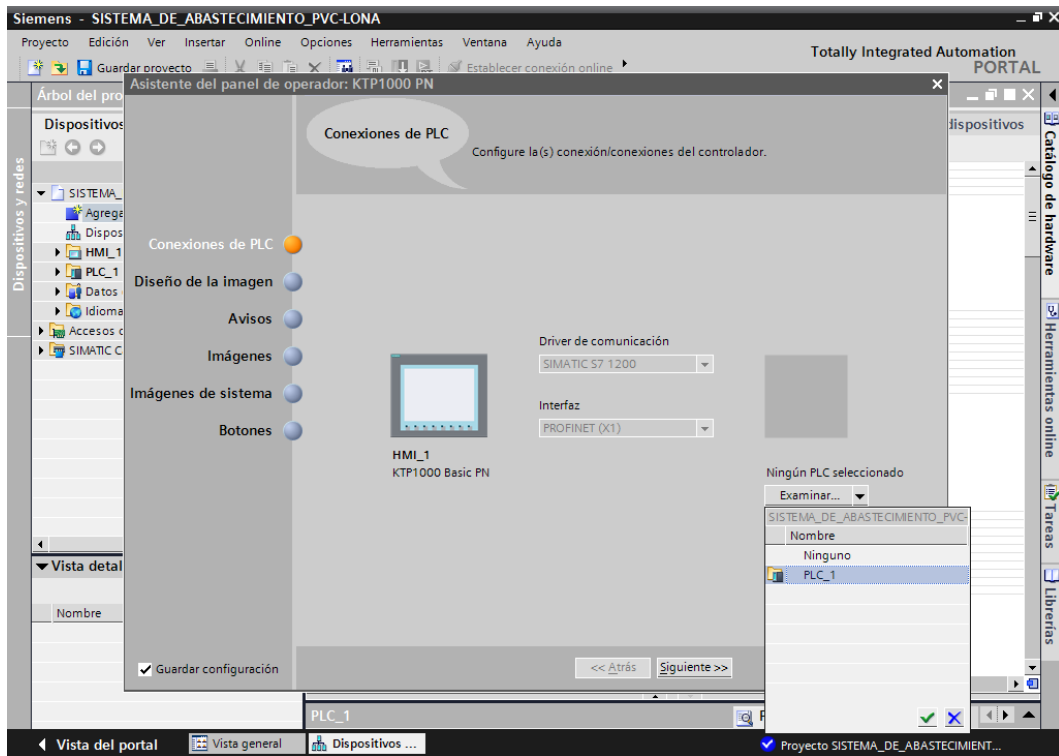


Figura 6. 63 Ventana de Diálogo de Conexiones de PLC

Elaborado por: El Investigador

2. Se selecciona el color de fondo de la plantilla.

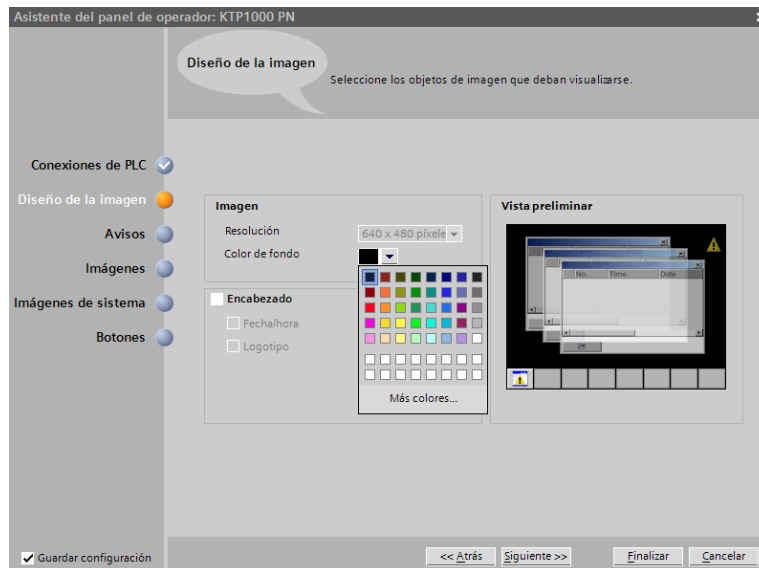


Figura 6. 64 Ventana de Diálogo de Diseño de imagen

Elaborado por: El Investigador

3. Se desactiva los avisos, pues no son necesarios para el presente proyecto.

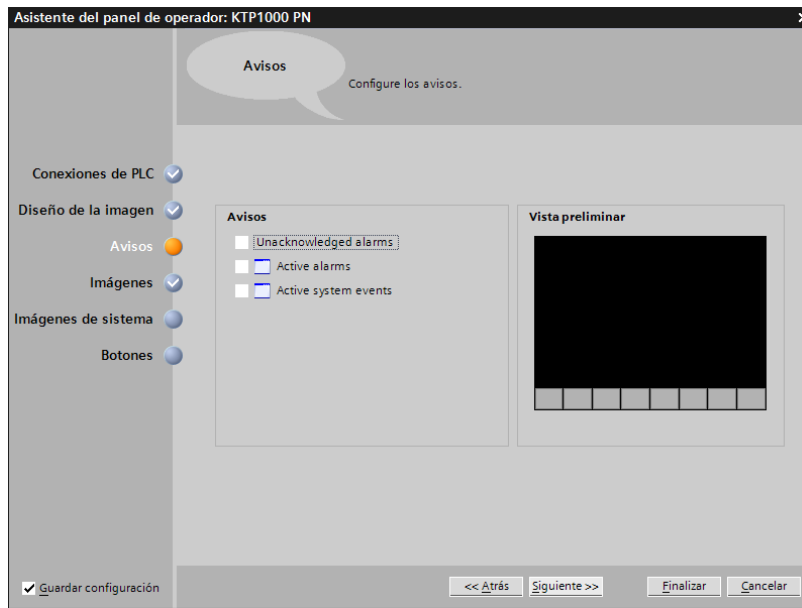


Figura 6. 65 Ventana de Diálogo de Avisos

Elaborado por: El Investigador

4. Se cambia el nombre de la imagen en la que se crearán posteriormente los elementos gráficos por "HMI_PRINCIPAL".

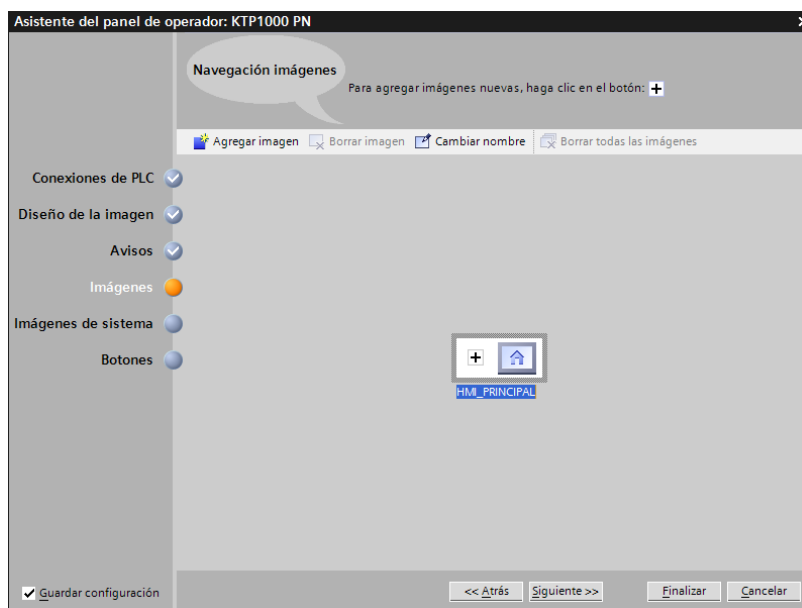


Figura 6. 66 Ventana de Diálogo de Imágenes

Elaborado por: El Investigador

5. Se desactivan las imágenes de sistema, pues no son necesarias para el proyecto actual.

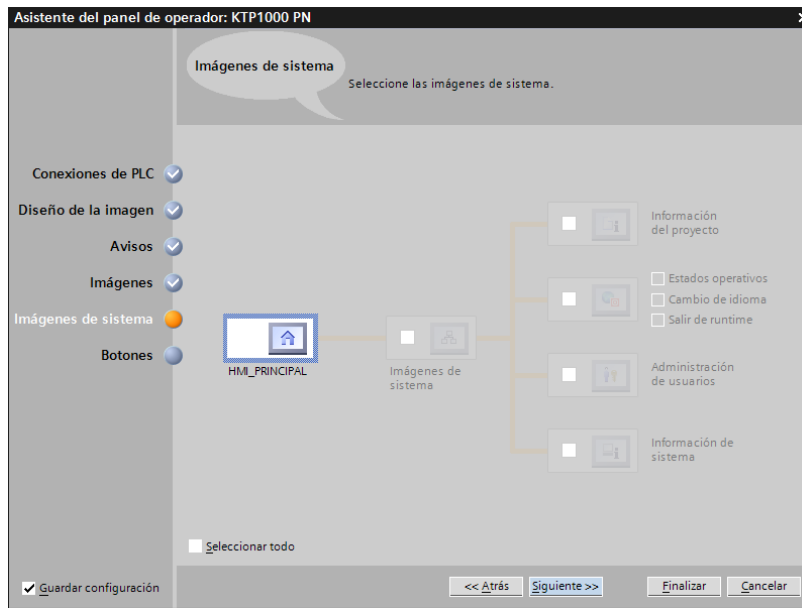


Figura 6. 67 Ventana de Diálogo de Imágenes del Sistema

Elaborado por: El Investigador

6. Se Activa el área inferior de botones y se inserta el botón de sistema "Salir".
Con este botón de sistema finaliza el runtime.

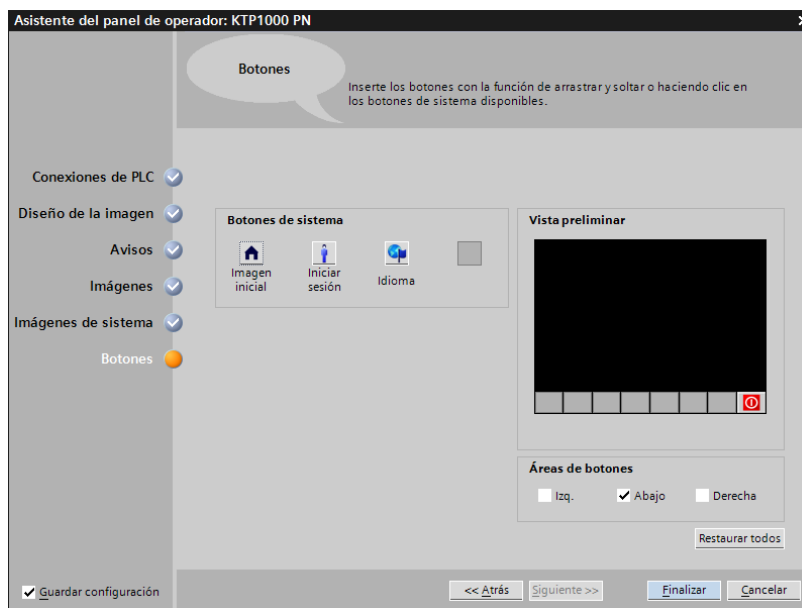


Figura 6. 68 Ventana de Diálogo de Botones

Elaborado por: El Investigador

7. Por último se da clic en el botón "Finalizar". De esta manera se ha creado la plantilla de la HMI.

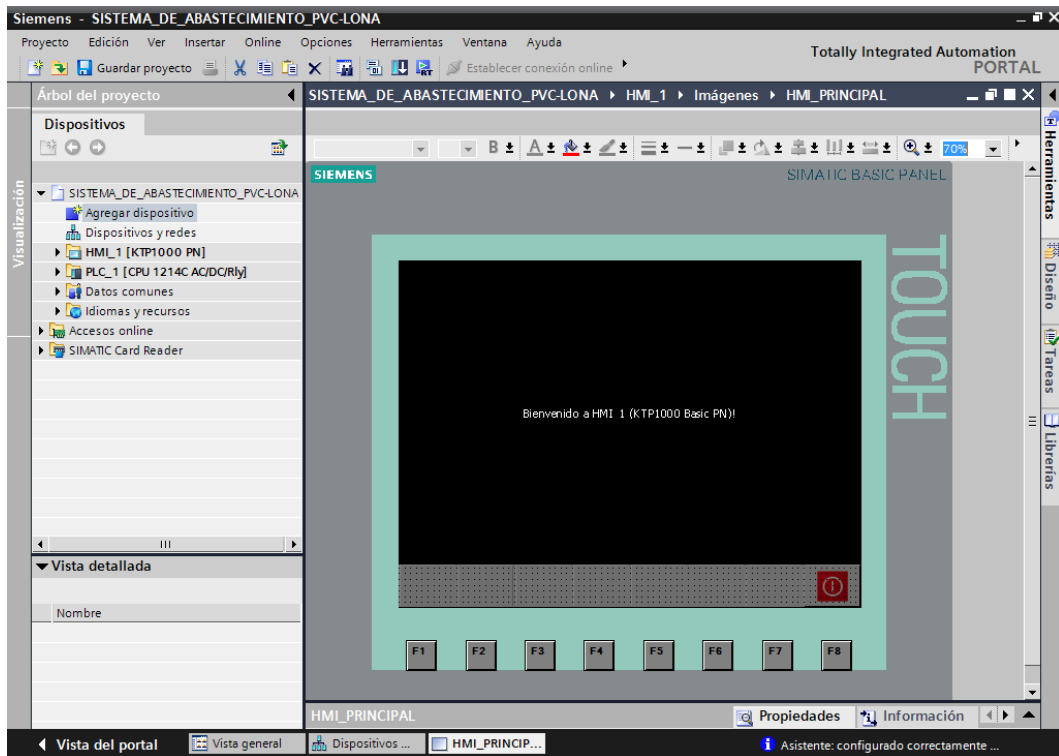


Figura 6. 69 Ventana de Plantilla de HMI creada

Elaborado por: El Investigador

2. Entorno de programación:

STEP 7 Basic incorpora una serie predeterminada de librerías para la inserción de objetos gráficos. Los objetos gráficos son todos los elementos que se utilizan para representar el proyecto en la HMI, entre ellos se incluyen, por ejemplo, textos, botones, diagramas o gráficos para representar unidades de proceso.

Para agregar un elemento basta con arrastrarlo a la pantalla mediante Drag & Drop.

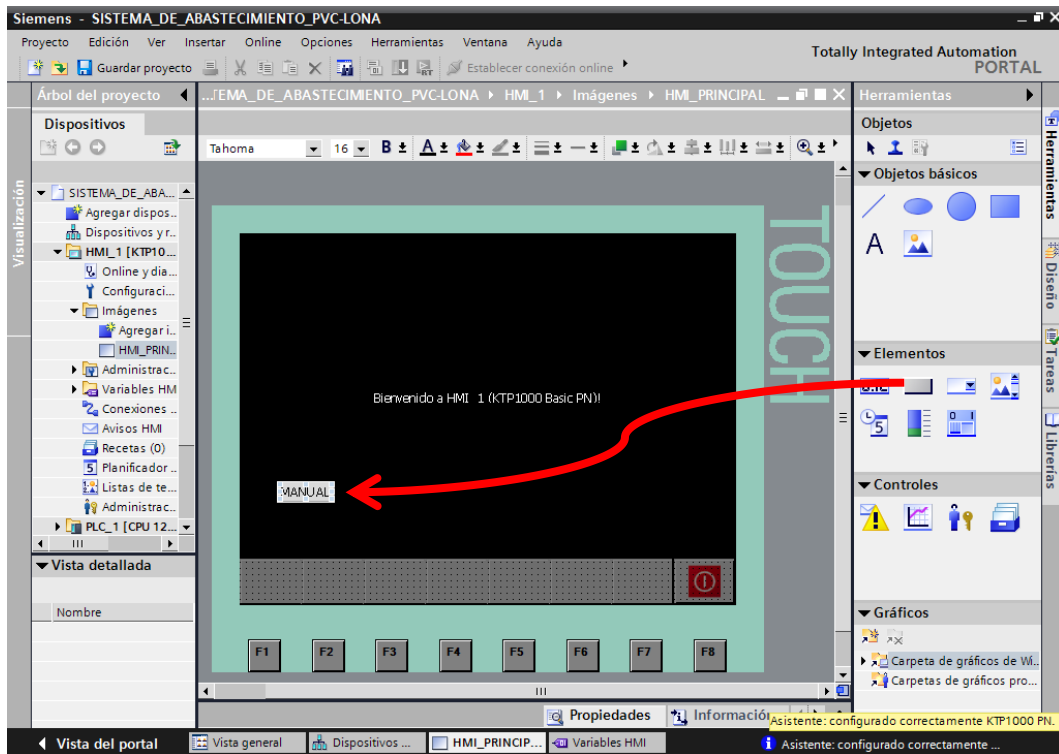


Figura 6. 70 Ventana de Inserción de objetos gráficos

Elaborado por: El Investigador

Se utiliza las propiedades del elemento (en la ventana de inspección) para configurar su apariencia y comportamiento.

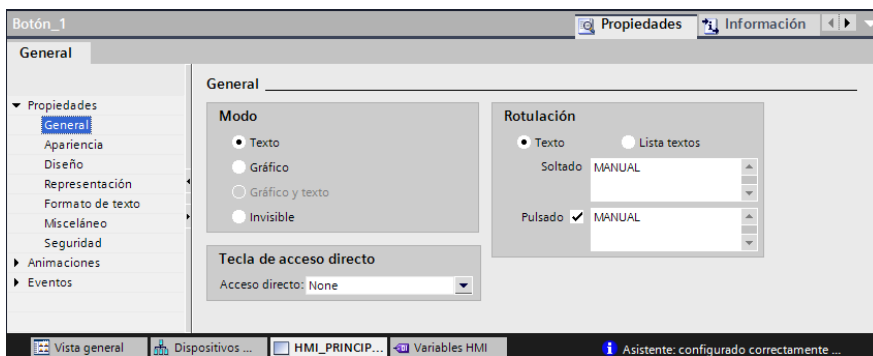


Figura 6. 71 Ventana de Propiedades de objetos gráficos

Elaborado por: El Investigador

Tras haber creado el elemento en la pantalla, se procede a asignarle una variable PLC. Haciendo clic en la pestaña "Eventos" se selecciona "Pulsar", se agrega la función "ActivarBitMientrasTeclaPulsada" y se enlaza la variable dentro de la carpeta "Variables PLC".

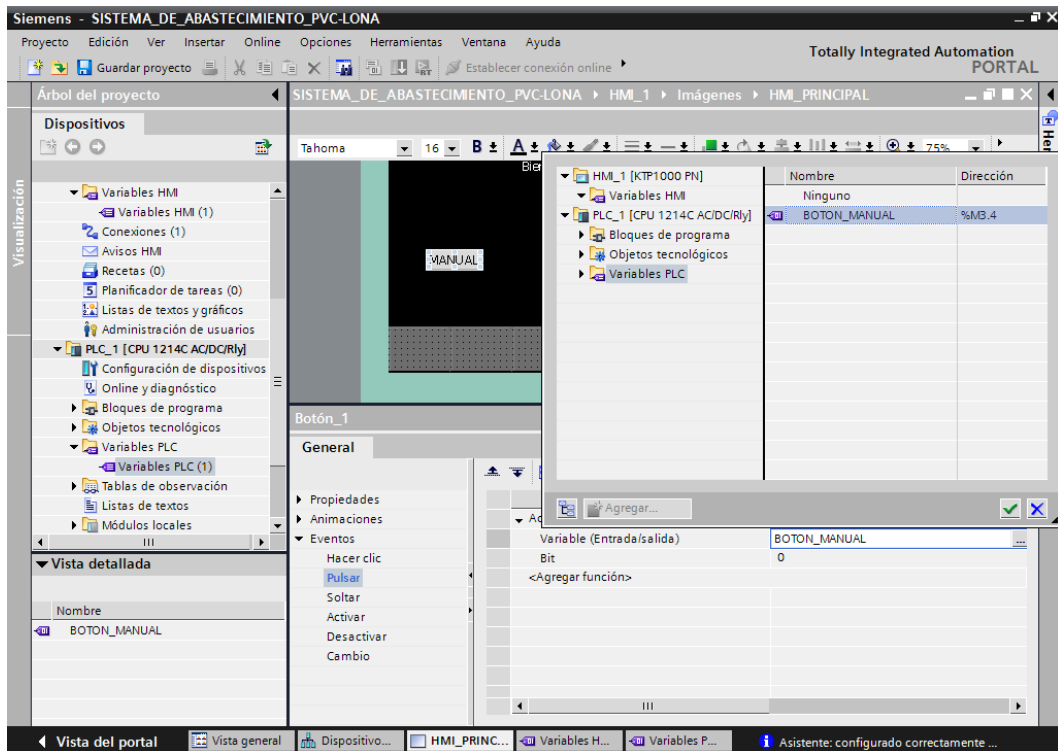


Figura 6. 72 Ventana de Enlace de variables del PLC con la HMI

Elaborado por: El Investigador

De la misma manera se agregaron y configuraron todos los objetos gráficos que servirán para la interfaz con el operador del control automático.

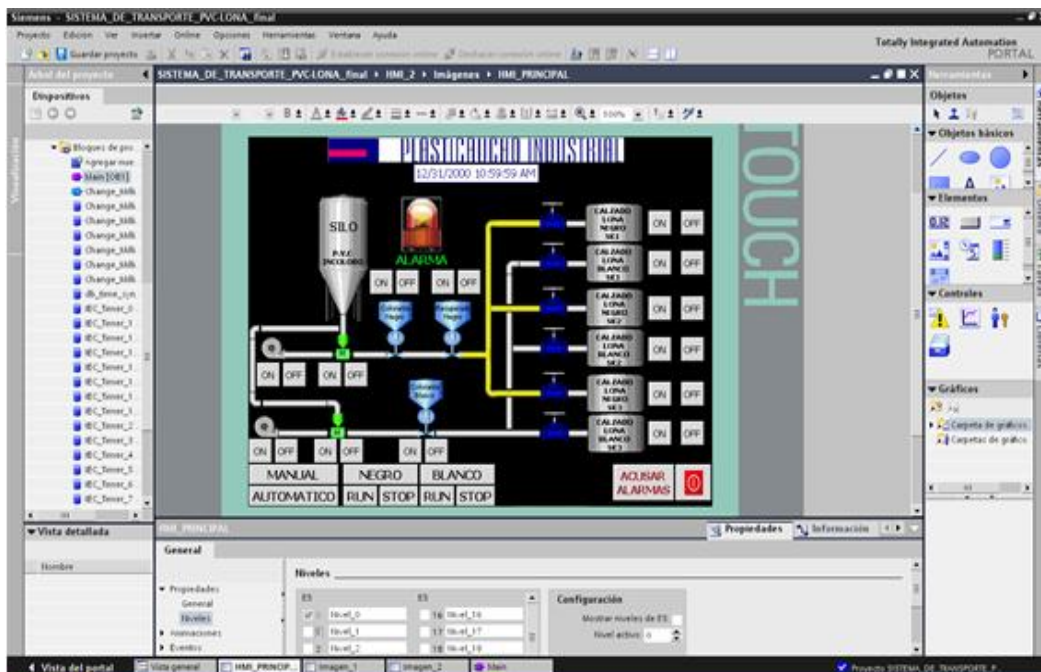


Figura 6. 73 Ventana de diseño de la Interfaz definitiva

Elaborado por: El Investigador

3. Verificación del programa:

El chequeo del programa se realiza durante la compilación. Para ello se da clic derecho en la carpeta HMI del “Árbol del proyecto”, se selecciona la pestaña “Compilar” y se hace clic en “Software”.

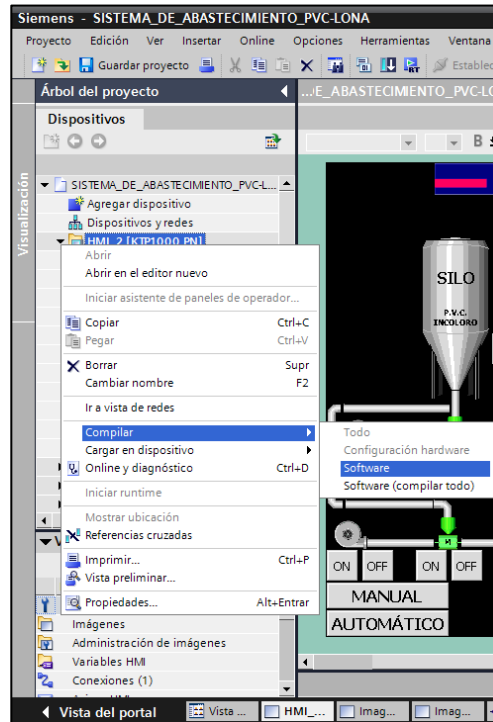


Figura 6. 74 Ventana de Compilación del software de la HMI

Elaborado por: El Investigador

Los posibles errores o avisos se muestran en la ventana de salida.

The image shows a screenshot of the Siemens SIMATIC Manager output window. The window has tabs for "General", "Compilar", and "Referencia cruzada". The "Compilar" tab is active, showing the text "Compilación finalizada (errores: 0; advertencias: 0)". Below this, there is a table with columns for "Ruta", "Descripción", "Errores", "Advertenci..", and "Hora". The table contains several rows of data, including "HMI_2", "WinCC RTHM", and "Compilación finalizada (errores: 0; advertencias: 0)".

Ruta	Descripción	Errores	Advertenci..	Hora
HMI_2		0	0	14:45:00
WinCC RTHM		0	0	14:45:00
	N.º de PowerTags utilizadas: 71	0	0	14:45:41
	Sello de tiempo: 18/06/2012 19:45:41 - utiliza 193828 bytes (in..	0	0	14:45:41
	Compilación finalizada (errores: 0; advertencias: 0)	0	0	14:45:41

Figura 6. 75 Ventana de errores del software de la HMI

Elaborado por: El Investigador

4. Transferencia del programa:

Antes de transferir el programa a la HMI es necesario configurar la dirección IP de la pantalla táctil para establecer una conexión de red que permita la comunicación con el PLC y la programadora mediante el SWITCH ETHERNET CSM1277.

En el Árbol del proyecto se da doble clic en “Dispositivos y redes” para acceder a la vista de redes. Aquí se puede verificar que el PLC y la HMI están conectados entre sí. Luego se hace clic en la casilla PROFINET en la HMI para seleccionar el puerto PROFINET.

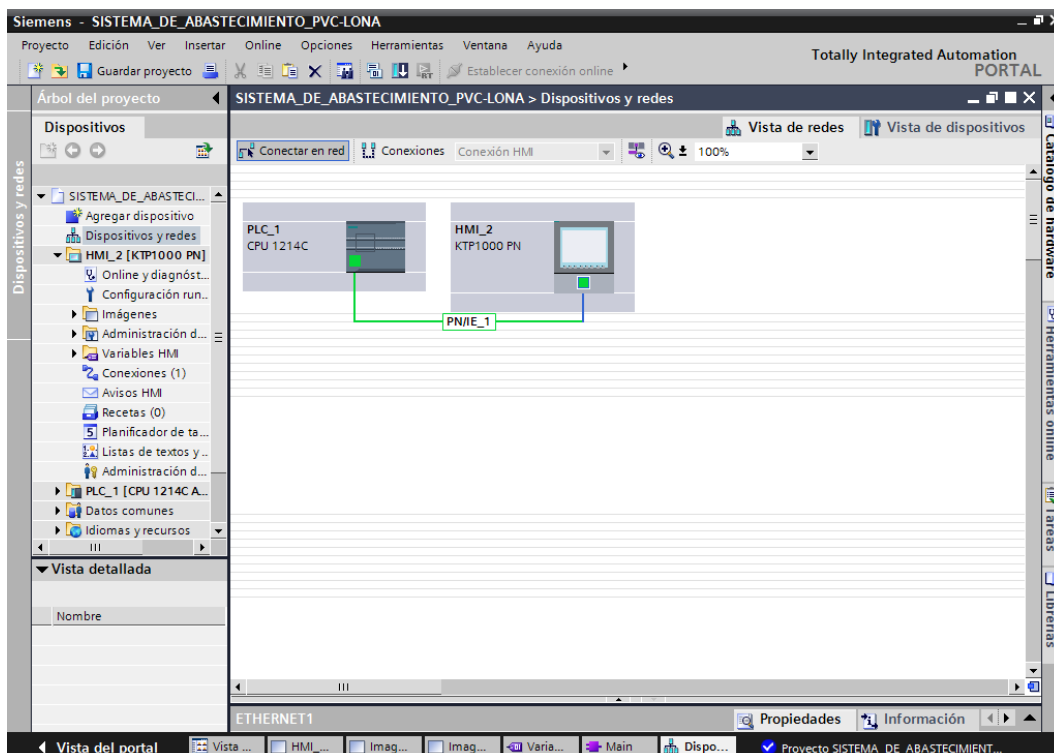


Figura 6. 76 Ventana de Vista de redes

Elaborado por: El Investigador

En la ventana de la Interfaz PROFINET, se selecciona la entrada de configuración "Direcciones Ethernet". En el campo "Dirección IP" se asigna la dirección IP de la HMI que será 192.168.0.3

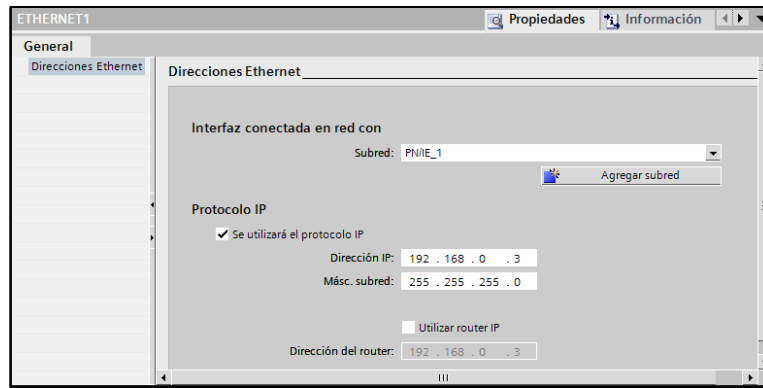


Figura 6. 77 Ventana de Interfaz PROFINET de la HMI

Elaborado por: El Investigador

Una vez que ya se tiene la conexión de red se procede a la transferencia del programa. Para ello se da clic derecho en la carpeta HMI del “Árbol del proyecto”, se selecciona la pestaña “Cargar en dispositivo” y se hace clic en “Software (Cargar Todo)”.

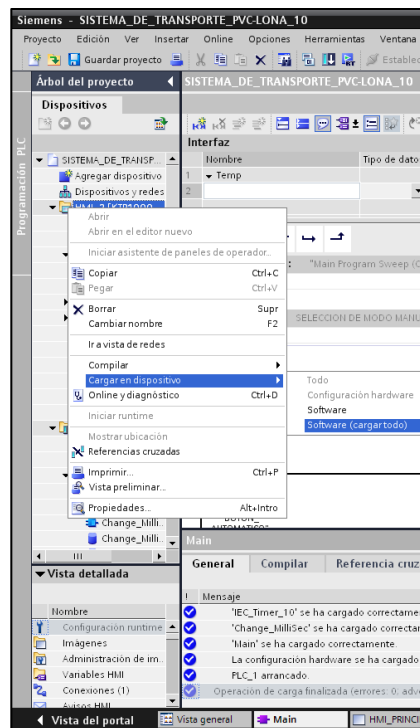


Figura 6. 78 Ventana de Carga en el dispositivo HMI

Elaborado por: El Investigador

Luego aparece la ventana de comprobación del dispositivo HMI, ya que se verifica que el dispositivo está listo se selecciona “Sobrescribir todo” y se procede a dar clic en el botón “Cargar”.

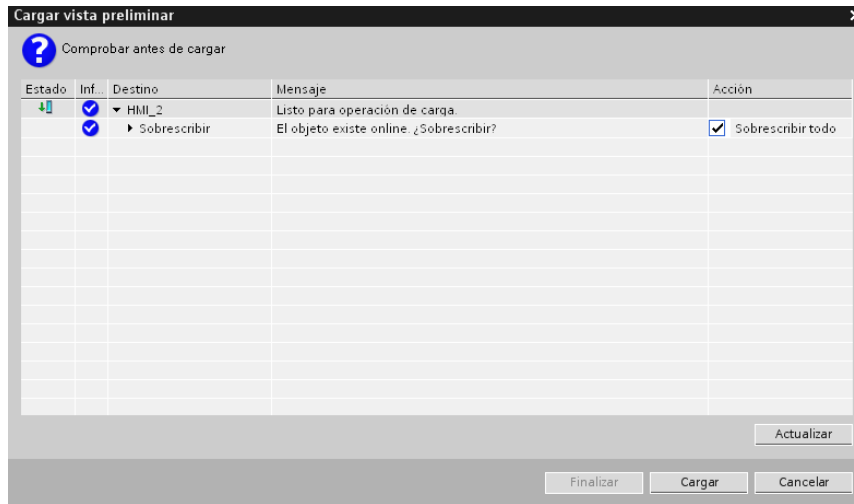


Figura 6. 79 Ventana de Comprobación del dispositivo HMI
Elaborado por: El Investigador

Después se presentan las ventanas del progreso de carga del programa.

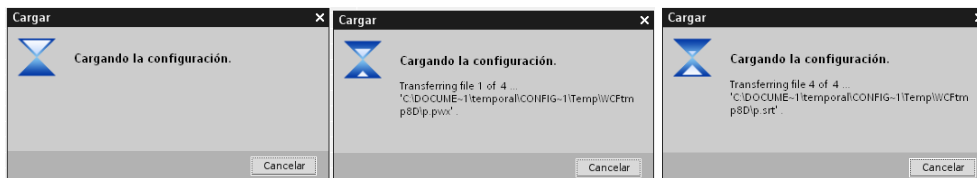


Figura 6. 80 Ventanas de Progreso de carga del programa en la HMI
Elaborado por: El Investigador

Finalmente, se despliega la ventana de resultados de carga del programa y se da clic en finalizar.

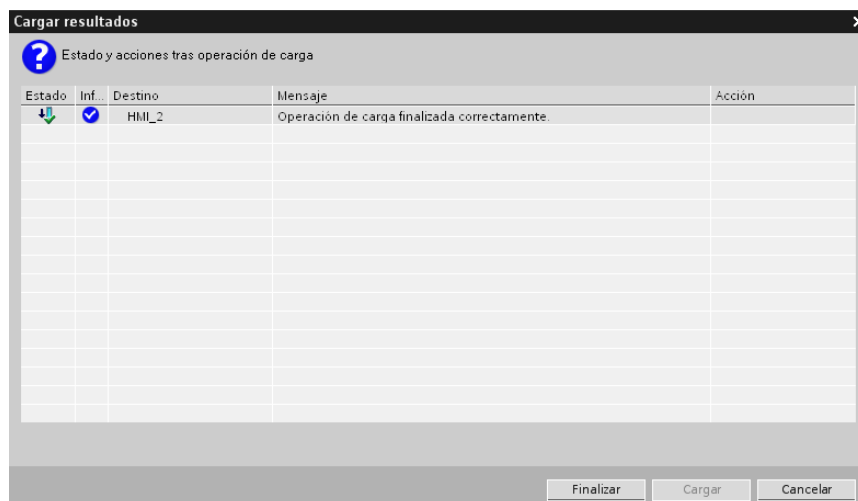


Figura 6. 81 Ventana de Resultados de carga del programa en la HMI
Elaborado por: El Investigador

6.7.8 Implementación de los elementos de control y potencia.

La implementación del control automático para abastecimiento de PVC se la divide en dos partes: La parte de Mecánica y la parte Electrónica.

6.7.8.1 Implementación Mecánica

Para la implementación tanto de las tuberías, colocación de las tolvas y acople de actuadores se debe contar con la ayuda de un personal de mano de obra mecánica calificado. Todo este trabajo va a ser realizado basándose en lo planificado.

Primero se procedió a colocar las tolvas de dosificación de colorante y recuperado de PVC con sus respectivos indicadores de nivel, además se realizó el acople de la tubería de 3" y de las válvulas rotatorias con sus respectivos motores accionadores.



Figura 6. 82 Implementación de tolvas, tuberías y válvulas rotatorias

Elaborado por: El Investigador

Posteriormente, se acoplaron los sopladores y los tornillos sinfín a la estructura del sistema.



Figura 6. 83 Acople de motores
Elaborado por: El Investigador

Luego, se instalaron las tuberías para transportar el PVC hacia afuera Sección Prefabricados Termoplásticos.



Figura 6. 84 Instalación de tuberías en la Sección Prefabricados Termoplásticos
Elaborado por: El Investigador

Después se colocaron las tuberías en la parte que interconecta la Sección Prefabricados Termoplásticos con la Sección Calzado Lona.



Figura 6. 85 Instalación de tuberías en que se interconectan ambas secciones
Elaborado por: El Investigador

A continuación se realizó el acople de las válvulas pinch.



Figura 6. 86 Acople de las válvulas pinch
Elaborado por: El Investigador

Consecutivamente, se fijaron las electroválvulas que sirven para accionar las válvulas pinch que ya fueron instaladas anteriormente.



Figura 6. 87 Fijación de las electroválvulas
Elaborado por: El Investigador

Por último, se colocaron dentro de la Sección Calzado Lona las tuberías de 3” y las tolvas que reciben el PVC que es almacenado en cada SK.



Figura 6. 88 Instalación de tolvas que reciben el PVC en la Sección Calzado Lona
Elaborado por: El Investigador

6.7.8.2 Implementación Electrónica

Una vez concluida la parte mecánica se procede con la instalación electrónica de control y potencia.

Primero se procedió a la elaboración del tablero de control, en donde realizó la conexión de los elementos de la siguiente manera:

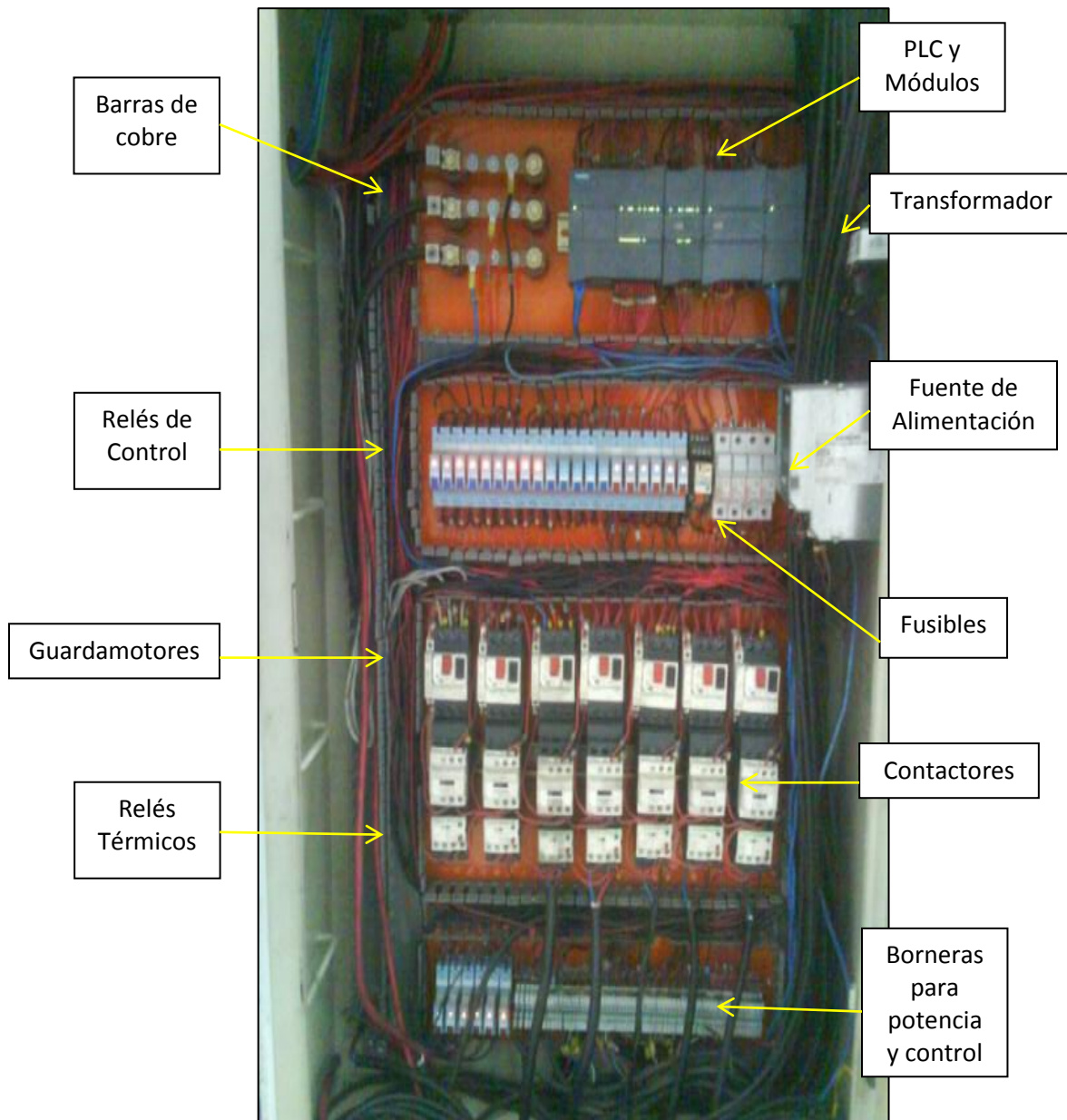


Figura 6. 89 Conexión de los elementos de control

Elaborado por: El Investigador

Luego, se procedió a colocar el letrero de precaución en el tablero de control.



Figura 6. 90 Señalización del tablero de control
Elaborado por: El Investigador

Posteriormente, se colocó la pantalla táctil en otro tablero más pequeño y en el sitio adecuado para un mejor monitoreo del proceso.



Figura 6. 91 Instalación de la pantalla táctil
Elaborado por: El Investigador

Después, se realizó la conexión de los elementos potencia.

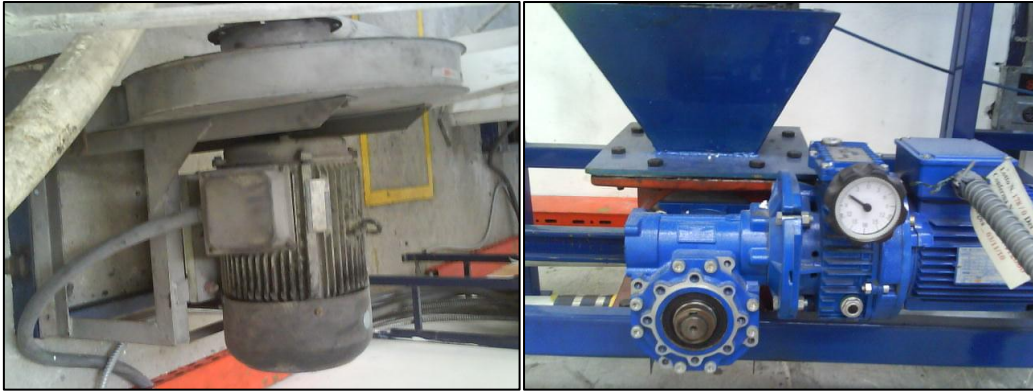


Figura 6. 92 Conexión de Actuadores de potencia

Elaborado por: El Investigador

A continuación, se realizó la conexión de los indicadores de nivel.



Figura 6. 93 Conexión de los indicadores de nivel

Elaborado por: El Investigador

Por último, se conectaron las electroválvulas eléctrica y neumáticamente.



Figura 6. 94 Conexión de las electroválvulas

Elaborado por: El Investigador

6.7.9 Funcionamiento del control y monitoreo.

Una vez que se ha terminado de instalar el sistema de control automático se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento del mismo, para lo cual se conectaron en red el PLC, la HMI y la programadora, de esta manera se estableció la conexión online para monitorear el funcionamiento del programa del PLC desde la programadora.

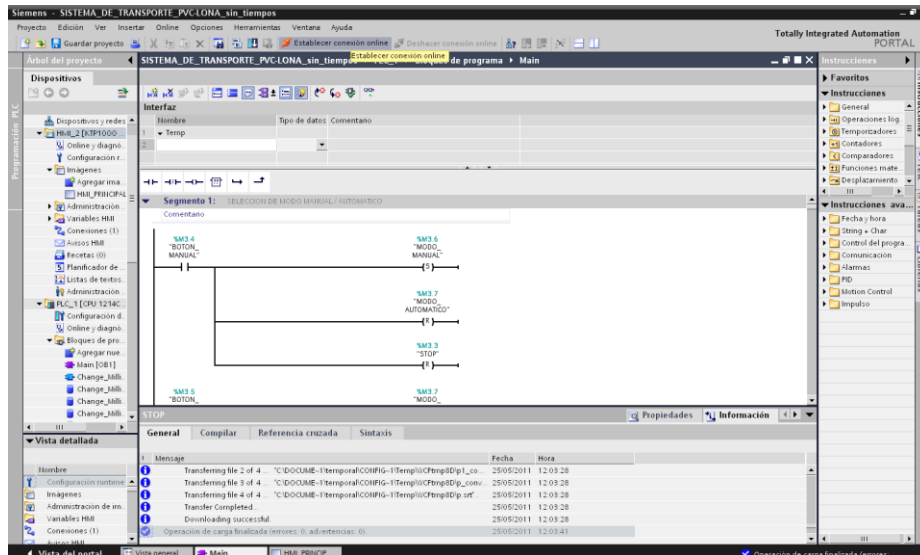


Figura 6. 95. Ventana de conexión online

Elaborado por: El Investigador

Una vez que se establece la conexión online, se activa la observación para ver el estado de las variables.

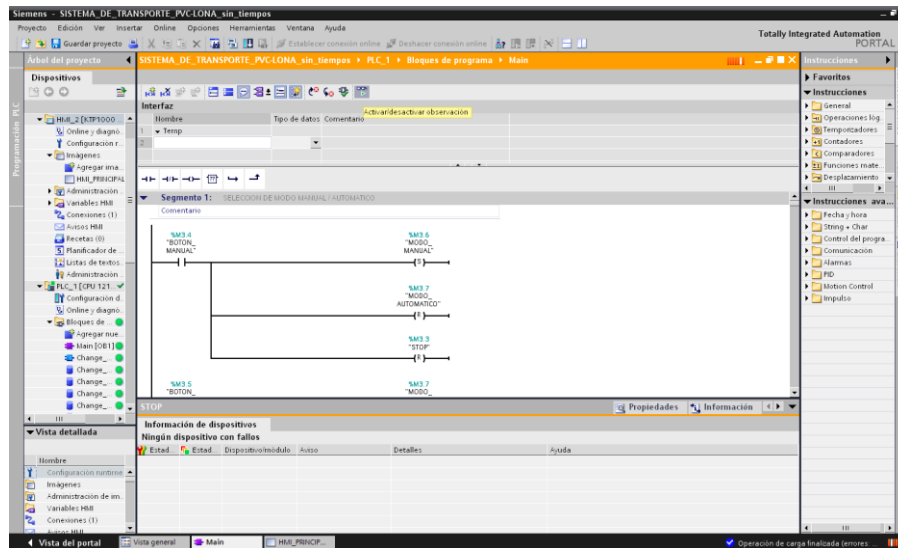


Figura 6. 96 Ventana de activación de observación

Elaborado por: El Investigador

En la pantalla táctil se presionó el botón de modo manual.

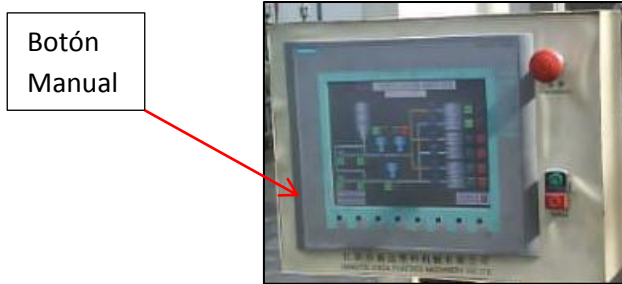


Figura 6. 97 Activación del modo manual en la pantalla táctil
Elaborado por: El Investigador

En la programadora se puede observar que se activó la bobina de modo manual.

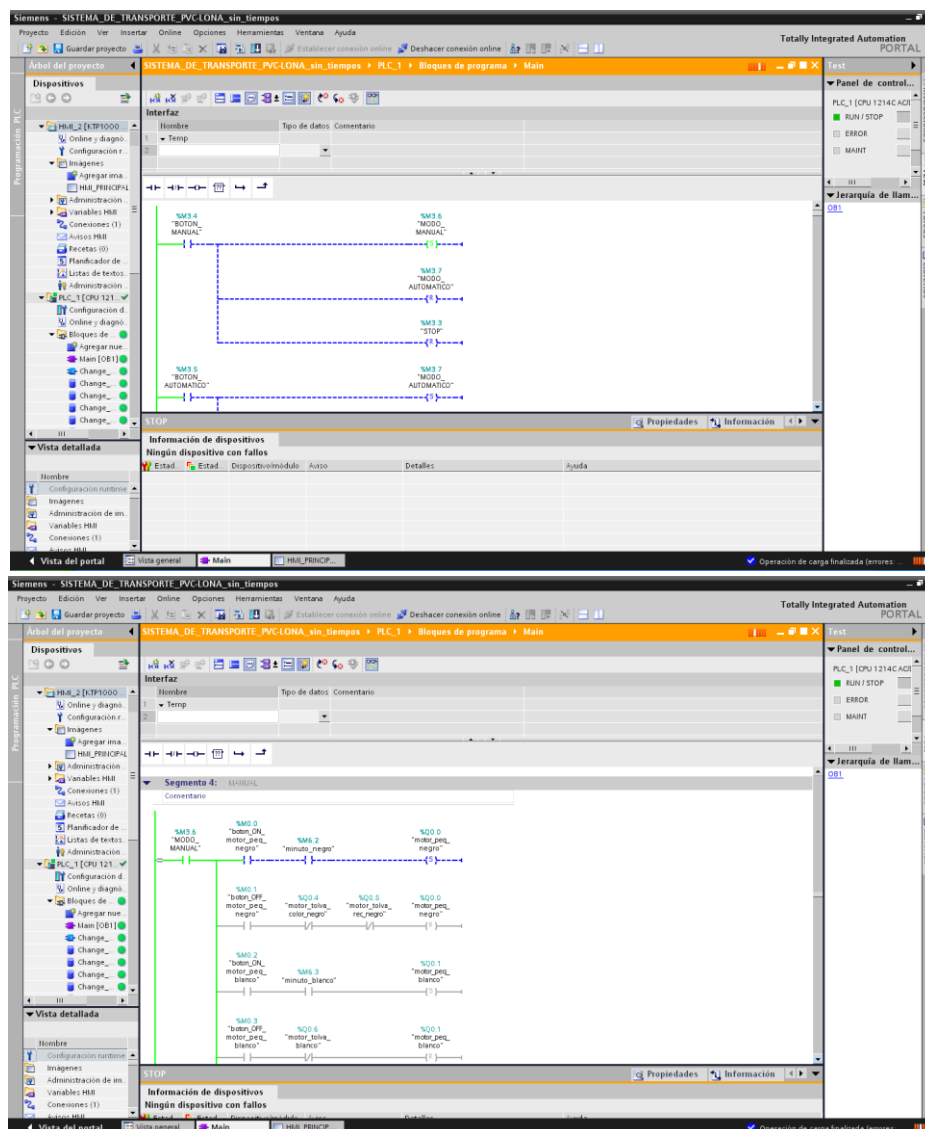


Figura 6. 98 Ventanas de monitoreo de modo manual
Elaborado por: El Investigador

De la misma manera se procedió a comprobar el correcto funcionamiento del modo automático.



Figura 6. 101 Funcionamiento del PLC

Elaborado por: El Investigador

Además se puede visualizar cuando los relés de control se activan para energizar las bobinas de los contactores q comandan cada uno de las actuadores.

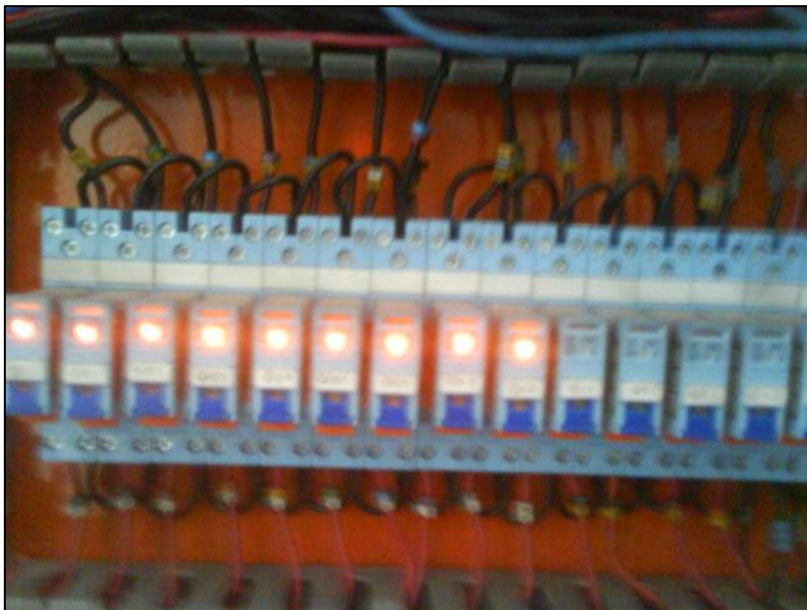


Figura 6. 102 Funcionamiento de los relés de control

Elaborado por: El Investigador

En la Sección Calzado Lona se puede observar cómo llega el PVC a través del sistema de transporte neumático y se almacena en los SK's para su posterior uso en las máquinas inyectoras.



Figura 6. 103 PVC almacenado en los SK's

Elaborado por: El Investigador

Después de poner en funcionamiento el control automático para abastecimiento de PVC se pudo constatar que en cada turno se abastece de 8160 Kg de PVC blanco y 10560 Kg de PVC negro.

De esta forma se satisface la demanda existente en la Sección calzado Lona y se evita que se produzcan paros de máquinas inesperados.

6.7.10 Presupuesto:

A continuación se detalla el costo de la implementación del Control automático para abastecimiento de PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos a la Sección Calzado Lona en la empresa Plasticacho Industrial S.A., que se desarrolló en la propuesta.

Cabe resaltar que la mano de obra de la instalación mecánica se realizó mediante un contrato con la empresa Multiservicios Mecánicos de Jorge Clavijo, así como también la mano de obra de la acometida de 440V se realizó con la empresa Warehouse.

Tabla 6. 20 Presupuesto.

Ítem	Descripción	Cant.	Unidad	Precio Unit.	Precio Total
1	PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY	1	unidad	563,00	563,00
2	Modulo SIMATIC SM 1223 DI 16 /DO 16	1	unidad	405,00	405,00
3	Módulo SIMATIC SM 1221 DI 16	1	unidad	311,00	311,00
4	Módulo SWITCH ETHERNET CSM 1277	1	unidad	179,00	179,00
5	HMI Siemens KTP1000 BASIC COLOR PN 10,4"	1	unidad	2700,00	2700,00
6	Laptop DELL	1	unidad	800,00	800,00
7	Cable de comunicación UTP cat 5e	10	metros	5,69	56,90
8	Barra de cobre	3	metros	10,00	30,00
9	Breaker Schneider-Electric C60N	2	unidad	39,83	79,66
10	Transformador 220VAC- 110VAC	1	unidad	238,00	238,00
11	Fuente de alimentación SIEMENS SITOP 24VDC	1	unidad	75,00	75,00
12	Fusible 10 A	4	unidad	2,30	9,20
13	Portafusibles	4	unidad	4,60	18,40
14	Relé de control RELECO	30	unidad	14,56	436,80
15	Contactador Schneider LC1-D09F7	5	unidad	25,04	125,20
16	Contactador Schneider LC1-D25F7	2	unidad	38,22	76,44
17	Guardamotor Schneider GV2-ME10	2	unidad	47,30	94,60
18	Guardamotor Schneider GV2-ME06	3	unidad	47,30	141,90
19	Guardamotor Schneider GV2-ME22	2	unidad	55,98	111,96
20	Relé térmico Schneider LRD-10	2	unidad	37,85	75,70
21	Relé térmico Schneider LRD-06	3	unidad	37,85	113,55
22	Relé térmico Schneider LRD-22	2	unidad	37,85	75,70
23	Bloque de asociación GV2AF3	7	unidad	3,96	27,72
24	Juego de contactos GV AN11	7	unidad	6,91	48,37
25	Pulsador Harmony XB4-BL845	1	unidad	25,18	25,18
26	Paro de emergencia Harmony XB4-BT845	1	unidad	19,06	19,06
27	Alarma luminosa Harmony XVB-L4M5	1	unidad	52,63	52,63
28	Tablero 120*80*40	1	unidad	450,00	450,00
29	Tablero 30*30*40	1	unidad	100,00	100,00
30	Motores TOREX de 0.43 kW con válvulas giratorias RV2	3	unidad	520,00	1560,00
31	Motores sopladores CHINA JINHUAYIN de 11 kW	2	unidad	3500,00	7000,00
32	Motores de 0.37 kW	2	unidad	450,00	900,00
33	Sensor de nivel rotativo TOREX SpA ILTC2	3	unidad	260,00	780,00
34	Válvulas pinch TOREX	6	unidad	654,17	3925,02

35	Cajas herméticas con borneras 10*10*10	3	unidad	15,86	47,58
36	Sensor Capacitivo OMRON	12	unidad	75,00	900,00
37	Electroválvulas CHANTO monoestables 5/2	6	unidad	112,30	673,80
38	Unidad de mantenimiento FESTO LFR-D-MINI Y LOE-D-MINI	1	unidad	120,00	120,00
39	Conectores de manguera de 1/2"	8	unidad	5,56	44,48
40	Conectores de manguera de 1"	2	unidad	7,85	15,70
41	Manguera BX con revestimiento metálico 1/2"	50	metros	7,56	378,00
42	Manguera BX con revestimiento metálico 1"	50	metros	9,92	496,00
43	Cable sucre 2x14	30	metros	1,32	39,60
44	Cable sucre 4x10	10	metros	4,20	42,00
45	Cable sucre 4x12	40	metros	3,56	142,40
46	Manguera neumática #10	20	metros	0,80	16,00
47	Racor 1/2" manguera #10	1	unidad	3,16	3,16
48	Racores 1/4 " manguera #10	20	unidad	2,63	52,60
49	Racores T manguera #10	5	unidad	5,30	26,50
50	Cable AWG #18 negro	1	rollo	32,54	32,54
51	Cable AWG #18 blanco	1	rollo	32,54	32,54
52	Riel DIN	10	metros	4,69	46,90
53	Borneras para riel DIN	70	unidad	0,70	49,00
54	Materiales para la instalación mecánica			6581,50	6581,50
55	Mano de obra de la instalación mecánica			1601,60	1601,60
56	Materiales para la instalación de acometida de 440 VAC			1230,00	1230,00
57	Mano de obra de la instalación de acometida de 440 VAC			1460,00	1460,00
58	Honorarios del ejecutor del proyecto			2000,00	2000,00
TOTAL USD					37.636,89

Elaborado por: El Investigador

Como se observa en la tabla 6.20, para la implementación del Control automático para abastecimiento de PVC que se desarrolló en la propuesta, se invirtió el monto de:

37.636,89 USD

6.7.11 Análisis Económico

El detalle del análisis económico fue desarrollado de acuerdo a la información obtenida en la empresa e información conseguida por el investigador en el desarrollo del proyecto.

Tomando en cuenta que el tiempo promedio de producción que se pierde es de 15 minutos con 50 segundos en cada turno por causa de los paros de máquinas inyectoras y que en cada minuto de trabajo se fabrican 15 pares de calzado lona, se puede aseverar que una vez implementado el proyecto se producirán alrededor de 240 pares de calzado lona adicionales en cada turno, con lo cual se obtendrán nuevos ingresos para la empresa:

Tabla 6. 21 Ingresos económicos adicionales de la empresa

INGRESOS				
Producción adicional por turno	Producción adicional diaria	Costo de producción de cada par	Costo de venta de cada par	Ganancia adicional diaria
240 pares	720 pares	\$3.35	\$ 4.90	\$ 1116

Elaborado por: El Investigador

La implementación del proyecto está valorada en 37.636,89 dólares, según el detalle realizado anteriormente, de acuerdo a esto se puede afirmar que la implementación del presente proyecto será cubierto en aproximadamente 1 mes, y a partir del segundo mes generará beneficios para la empresa.

6.8 CONCLUSIONES

Una vez culminado el desarrollo de la propuesta se puede concluir lo siguiente:

- En el diseño del control automático para abastecimiento de PVC en la empresa Plasticaucho Industrial S.A., fue necesario adquirir los conocimientos de

funcionamiento de todas las máquinas, motores, sensores, etc.; que intervinieron en el control y monitoreo.

- En el proceso de abastecimiento de PVC se detectó que la eliminación de los paros de máquinas inyectoras es clave en la producción de calzado lona, por tal motivo se decidió automatizarlo por completo para optimizar el proceso productivo de la Sección Calzado Lona.
- El nivel de llenado de los SK's es el parámetro principal que se debe controlar adecuadamente para satisfacer la demanda de PVC que existe en la planta.
- El control automático implementado, permite que el PVC pueda fluir completamente solo, sin la necesidad de la intervención constante de una persona.
- La interfaz de monitoreo diseñada en la pantalla táctil, permite observar el funcionamiento de los elementos del proceso y detectar alarmas o anomalías.
- El sistema de control instalado se encuentra sobredimensionado con el fin de posibilitar en un futuro a la empresa añadir otros elementos para el control del sistema según lo encuentren conveniente.

6.9 RECOMENDACIONES

- Realizar una secuencia de pasos ordenados en el diseño de cualquier tipo de automatización, para obtener un sistema automático de calidad y en menor tiempo.
- Conocer detalladamente el proceso que va a ser automatizado, así como el funcionamiento de cada elemento que interviene en él, investigando toda la información necesaria por más elemental que sea.

- Identificar y codificar cada uno de los elementos a ser controlados y monitoreados en el proceso, previo a la programación en cualquier tipo de automatización.
- Al momento de realizar una implementación se recomienda que se sigan las normas de instalación de cada uno de los elementos según lo especifican los fabricantes con el fin de evitar algún problema en la puesta en marcha.
- Se recomienda a la empresa Plasticaucho Industrial S.A. una mayor organización de los tableros de control, facilitando así el mantenimiento y control adecuado de las máquinas.
- Realizar un mantenimiento preventivo de los equipos e instrumentos, además de un seguimiento del proceso al menos una vez al día para asegurar el correcto desempeño del control automático.

BIBLIOGRAFÍA:

Libros:

- ✓ NARANJO,G. – MEDINA, A. – HERRERA,L. (2004). Tutoría de la Investigación Científica. DIEMERINO EDITORES, Quito.
- ✓ KUO, B (1996). Sistemas de Control Automático. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, México D.F.
- ✓ MARTÍNEZ, V. (2001). Automatización Industrial Moderna. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, México D.F.
- ✓ GARCÍA, E. (2001). Automatización de Procesos Industriales. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, México D.F.

- ✓ CREUS A., (1998). Instrumentación Industrial, 6ta Edición, ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, México D.F.
- ✓ SIEMENS (2009). Manual del Sistema del Controlador programable S7-1200. Edición 11/2009 A5E02486683-02, Nürnberg.
- ✓ SIEMENS (2009). Manual de SIMATIC HMI. Edición 01/2009 A5E02421816-01, Nürnberg.

Linkografía:

- ✓ USOS Y APLICACIONES DEL PVC. Publicado el 23 de Agosto del 2005, <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc/usos>.
- ✓ POLICLORURO DE VINILO –PVC. Publicado el 23 de Agosto del 2005, <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>.
- ✓ URRAZA, Ángel. PVC, <http://www.aniq.org.mx/provinilo/pvc.asp>.
- ✓ EL TRANSPORTE DE SÓLIDOS. Publicado el 1 de Marzo del 2009. <http://www.interempresas.net/Transporte/Articulos/30267-El-transporte-de-solidos.html>.
- ✓ MANEJO DE MATERIAL. Wikipedia. Actualizada el 20 de Julio del 2011, http://es.wikipedia.org/wiki/Manejo_de_materia.
- ✓ ELECTRÓNICA. Wikipedia. Actualizada el 26 de Septiembre del 2011, <http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica>.
- ✓ SISTEMA DE CONTROL. Wikipedia. Actualizada el 29 de Septiembre del 2011, http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas_de_control.
- ✓ LA MÁQUINA DE INYECCIÓN. Universidad de Antioquia. Medellín–Colombia.2003, http://docencia.udea.edu.co/ingeniería/moldes_inyeccion/unidad_2/maquina.html
- ✓ DISYUNTOR. Wikipedia. Actualizada el 28 de Mayo del 2012, <http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor>
- ✓ EQUIPO ELÉCTRICO INDUSTRIAL SIEMENS. 04 de Abril del 2010, http://www.siemens.com.mx/A&D/en/t_nav238.html
- ✓ TEORÍA DEL PLC. 28 de Mayo del 2012 <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>
- ✓ RAMÍREZ M., Diego. INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES. 09 de Julio del 2011, www.uv.es/ramirez/Docencia/IE/Principios_generales.pdf
- ✓ LA ELECTROVÁLVULA QUE GOBIERNA EL ACTUADOR. 12 de Febrero del 2012, www.personales.ya.com/canalPLC/actu_neumatico.htm.

- ✓ UNIDAD DIDÁCTICA DE NEUMÁTICA, ACTUADORES NEUMÁTICOS. 01 de Mayo del 2012. www.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS
- ✓ PRODUCTOS TOREX, CATÁLOGO DE VALVULAS. 28 de Mayo del 2012, <http://www.wamgroup.com>
- ✓ OMRON INDUSTRIAL AUTOMATION. 28 de Mayo del 2012, <http://www.omron.com/sensor/proximity/capacitive>
- ✓ RELÉ RELECO. 28 de Mayo del 2012, <http://www.ecured.cu/index.php/releco>
- ✓ CATÁLOGO DE SCHNEIDER-ELECTRIC. 28 de Mayo del 2012, <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/cap01.pdf>

ANEXOS

ANEXO A

Diseño del Control Automático

ANEXO B

Datos Técnicos del PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Relé

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 214-1BE30-0XB0	6ES7 214-1HE30-0XB0	6ES7 214-1AE30-0XB0
General			
Dimensiones A x A x P (mm)	110 x 100 x 75		
Peso	475 gramos	435 gramos	415 gramos
Disipación de potencia	14 W	12 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1600 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	400 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada		
Características de la CPU			
Memoria de usuario	50 KB de memoria de trabajo / 2 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	14 entradas/10 salidas		
E/S analógicas integradas	2 entradas		
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)		
Área de marcas (M)	8192 bytes		
Ampliación con módulos de señales	8 SMs máx.		
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.		
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.		
Contadores rápidos	6 en total Fase simple: 3 a 100 kHz y 3 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 3 a 20 kHz de frecuencia de reloj		
Salidas de impulsos	2		
Entradas de captura de impulsos	14		
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms		
Alarmas de flanco	12 ascendentes y 12 descendentes (14 y 14 con Signal Board opcional)		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Precisión del reloj en tiempo real	+/- 60 segundos/mes		
Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real	10 días típ./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)		
Rendimiento			
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de transferencia de palabras	12 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Comunicación			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> • 3 para HMI • 1 para la programadora • 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario • 3 para CPU a CPU 		
Transferencia de datos	10/100 Mb/s		
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V DC		
Tipo de cable	CAT5e apantallado		

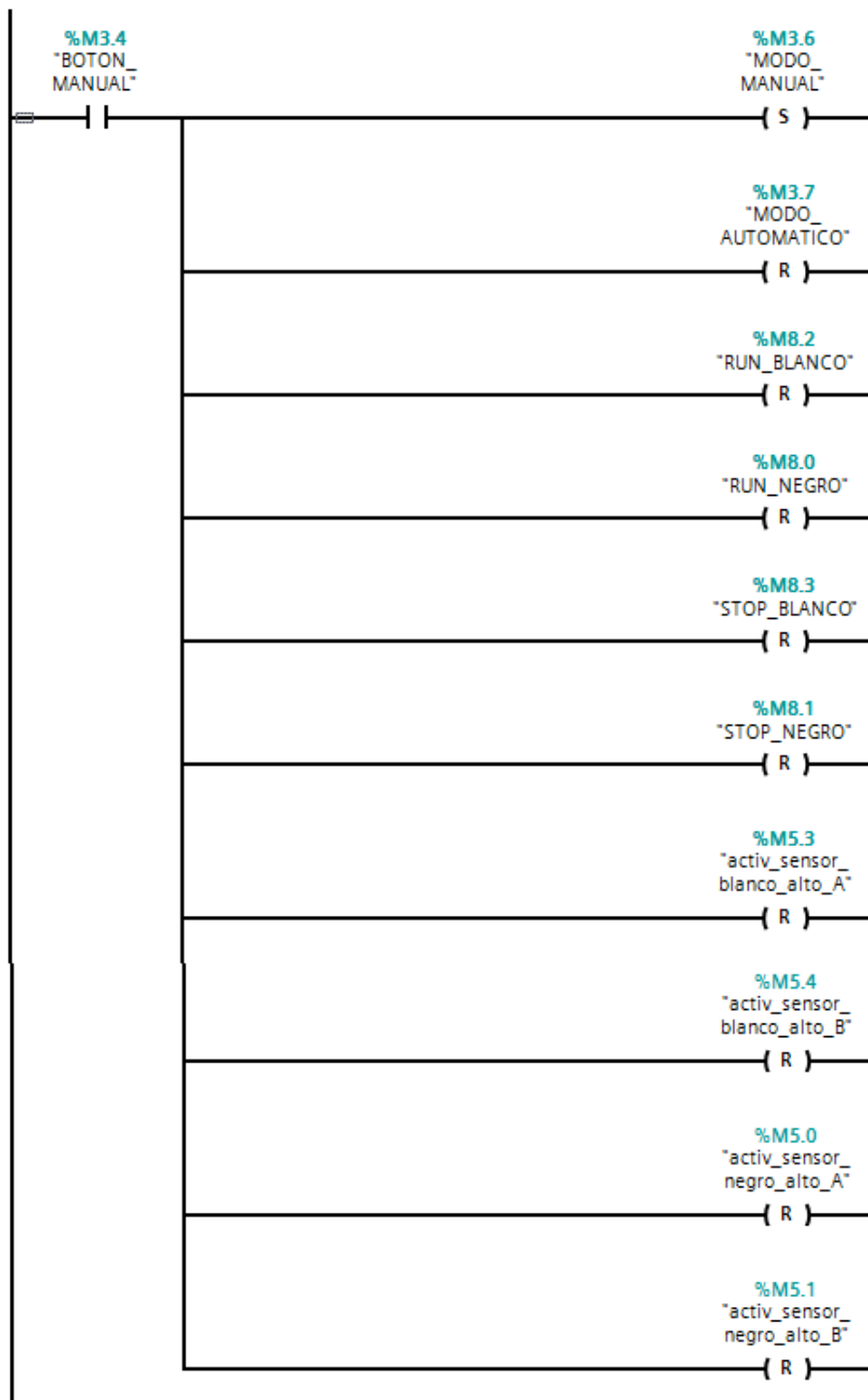
Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Fuente de alimentación			
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--	
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	100 mA a 120 V AC 50 mA a 240 V AC	500 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	300 mA a 120 V AC 150 mA a 240 V AC	1500 mA a 24 V DC	
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-	
Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	10 ms a 24 V DC	
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta		
Alimentación de sensores			
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V DC	L+ menos 4 V DC mín.	
Intensidad de salida nominal (máx.)	400 mA (protegido contra cortocircuito)		
Ruido de rizado máx. (<10 MHz)	< 1 V de pico a pico	Igual a la línea de entrada	
Aislamiento (lógica de la CPU a alimentación de sensores)	Sin aislamiento		
Entradas digitales			
Número de entradas	14		
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)		
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal		
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.		
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.		
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA		
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA		
Aislamiento (campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto		
Grupos de aislamiento	1		
Tiempos de filtro	0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms (seleccionable en grupos de 4)		
Frecuencias de entrada de reloj HSC (máx.) (señal 1 lógica = 15 a 26 V DC)	Fase simple: 100 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 30 KHz (Ia.6 a Ib.5) Fase en cuadratura: 80 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 20 KHz (Ia.6 a Ib.5)		
Número de entradas ON simultáneamente	14		
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 300 no apantallado, 50 apantallado para entradas HSC		
Entradas analógicas			
Número de entradas	2		
Tipo	Tensión (asimétrica)		
Rango	0 a 10 V		
Rango total (palabra de datos)	0 a 27648		
Rango de sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.511		
Desbordamiento (palabra de datos)	32.512 a 32767		
Resolución	10 bits		
Tensión de resistencia al choque máxima	35 V DC		
Alisamiento	Ninuno, débil, medio o fuerte		

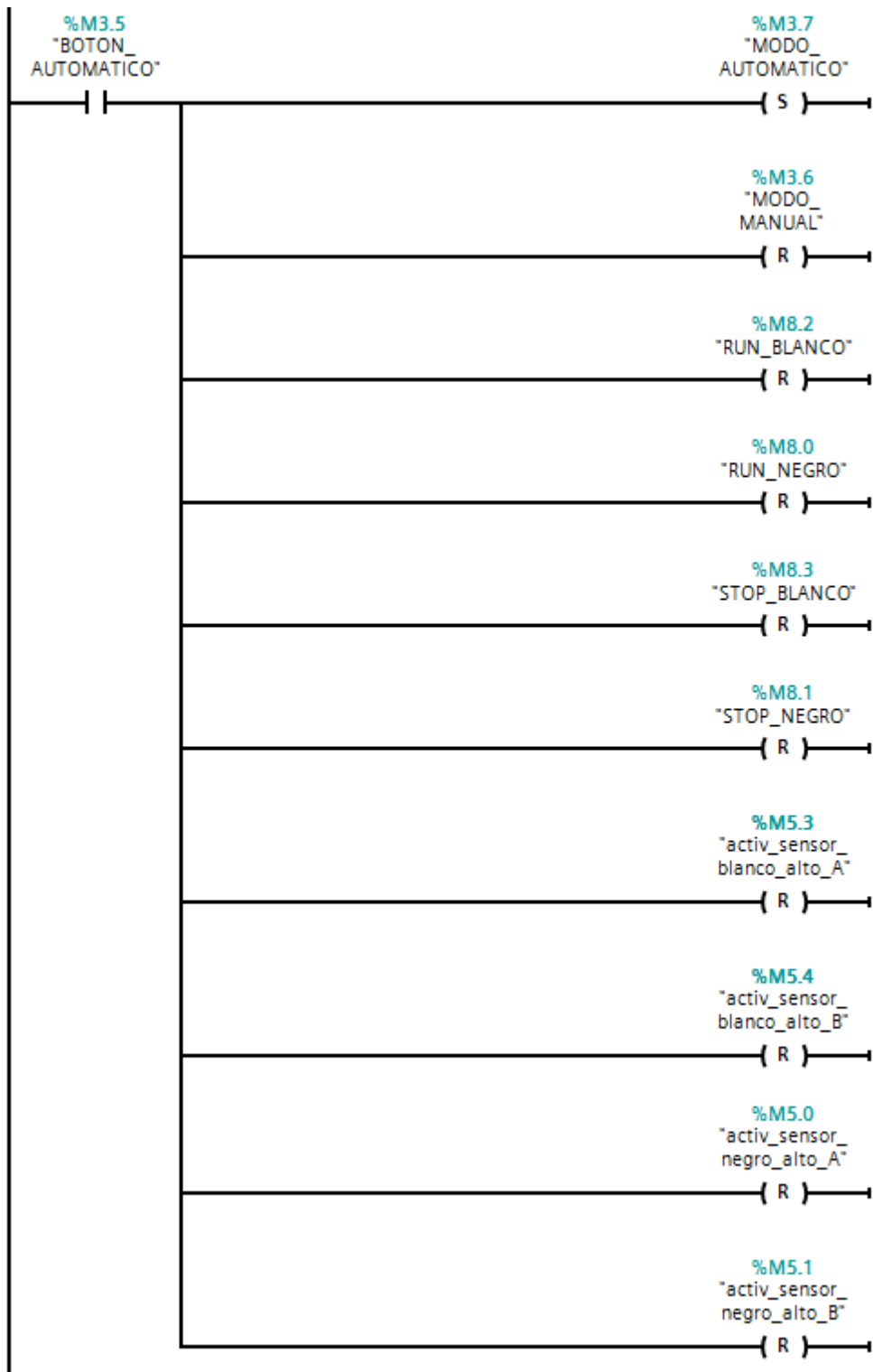
ANEXO C

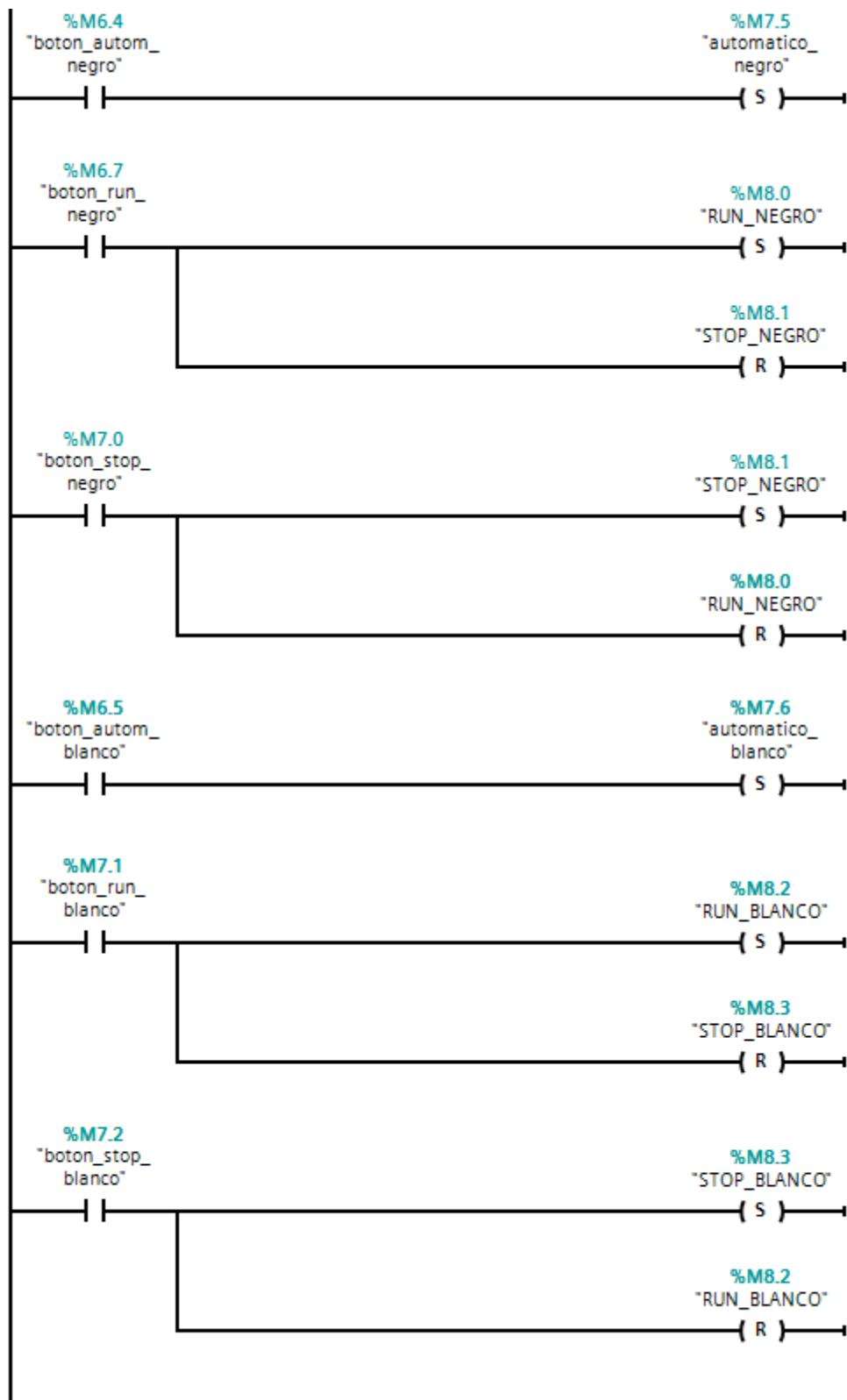
Programación de la automatización en lenguaje KOP

Segmento 1: SELECCIÓN DE MODO MANUAL / AUTOMÁTICO

Comentario

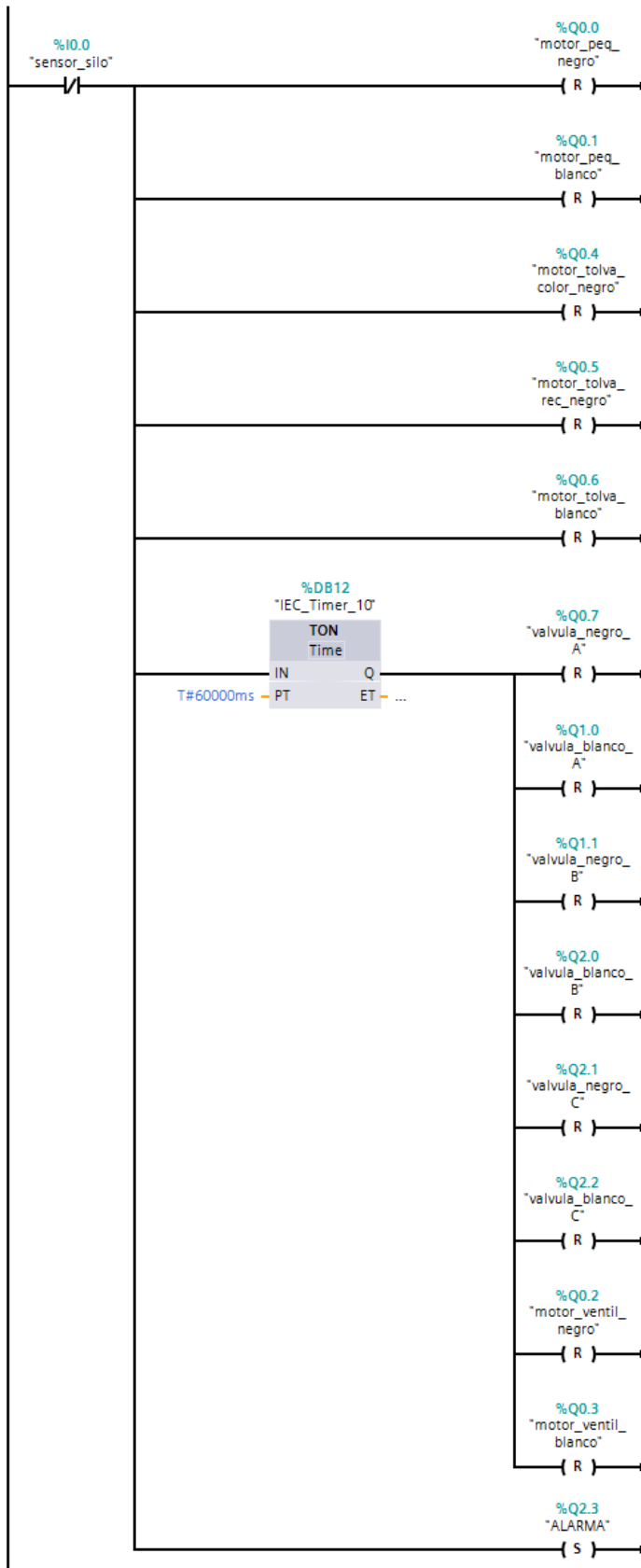


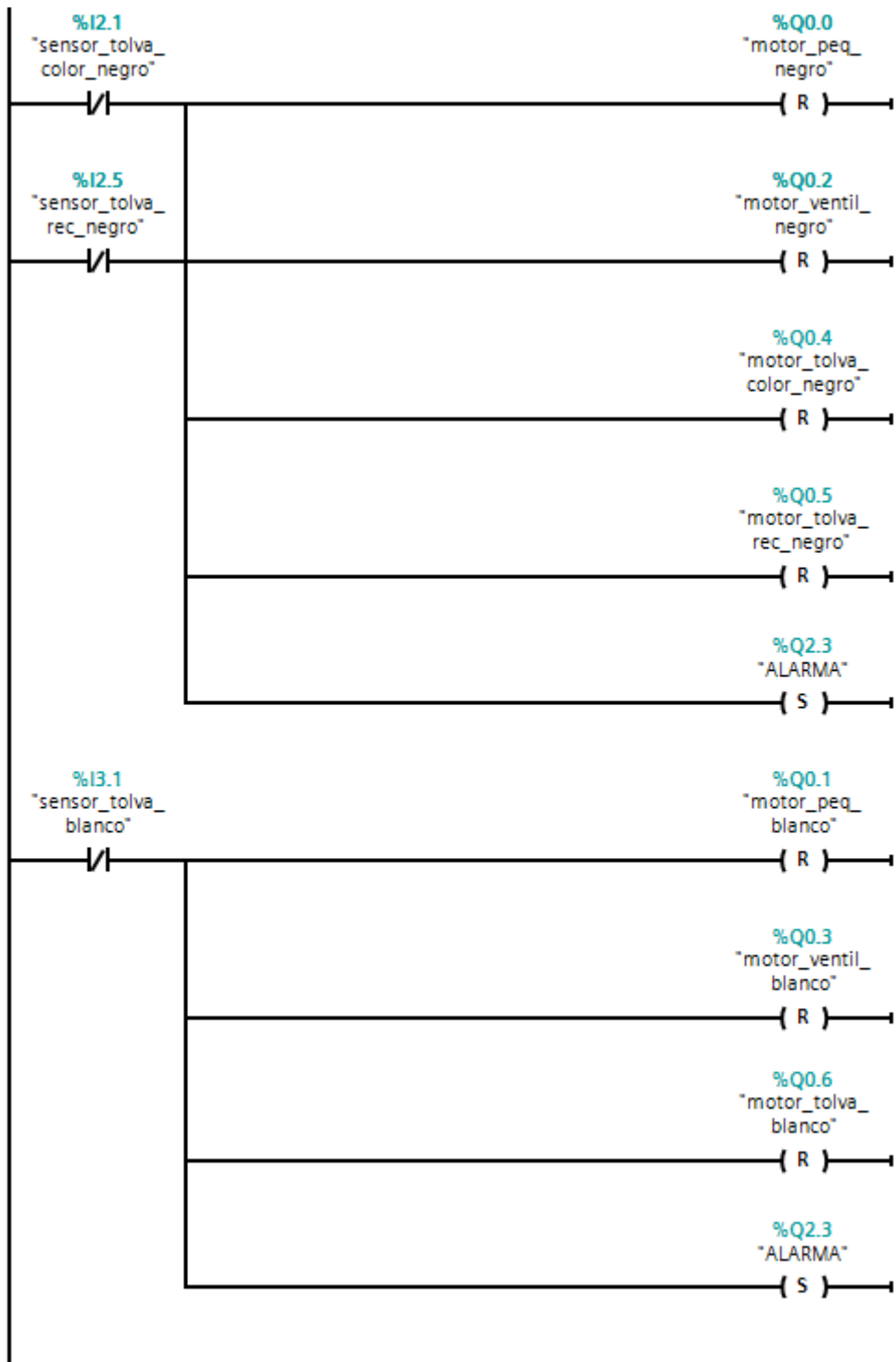




Segmento 2: VERIFICACIÓN DE EXISTENCIA DE MATERIAL

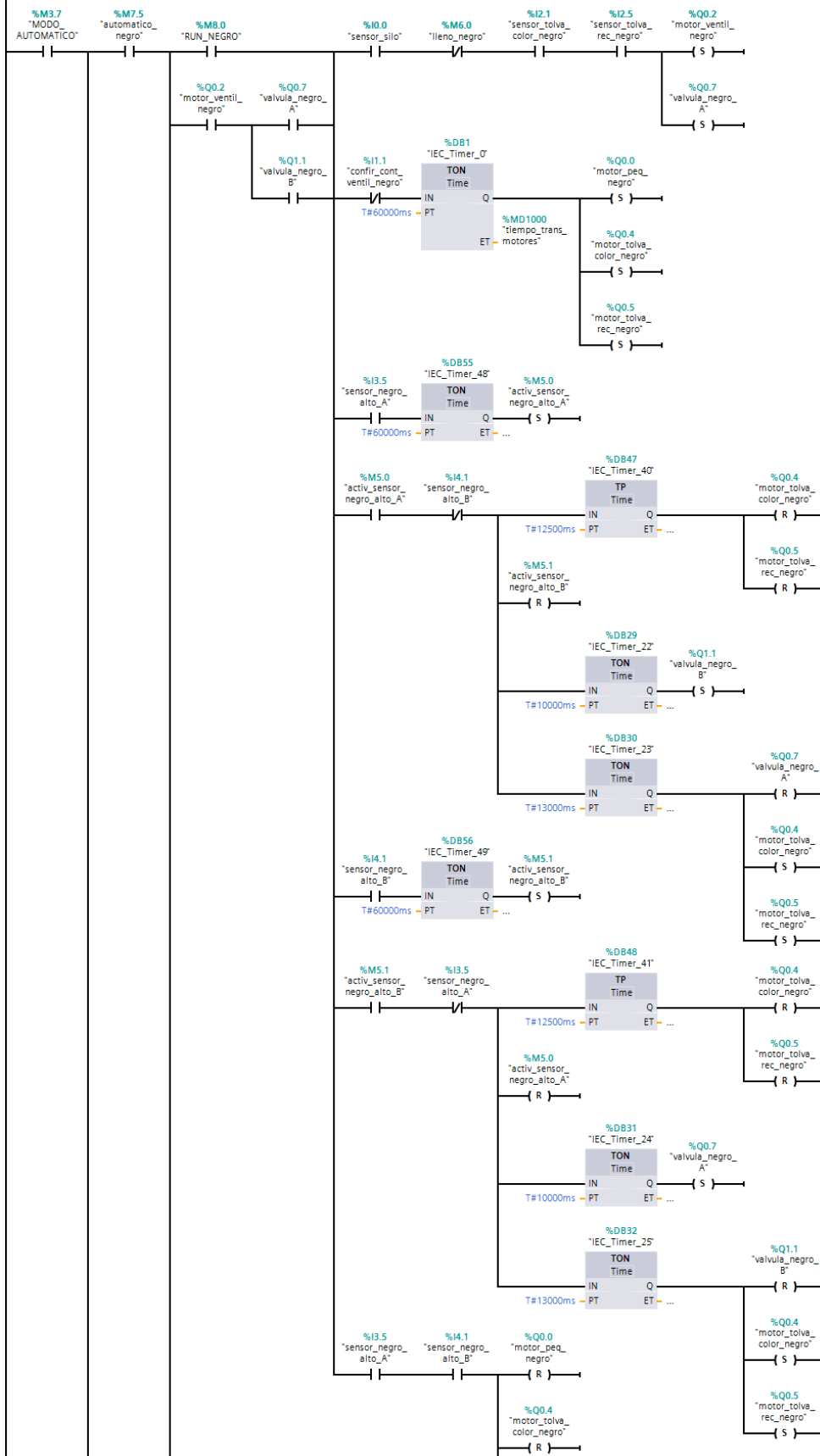
Comentario

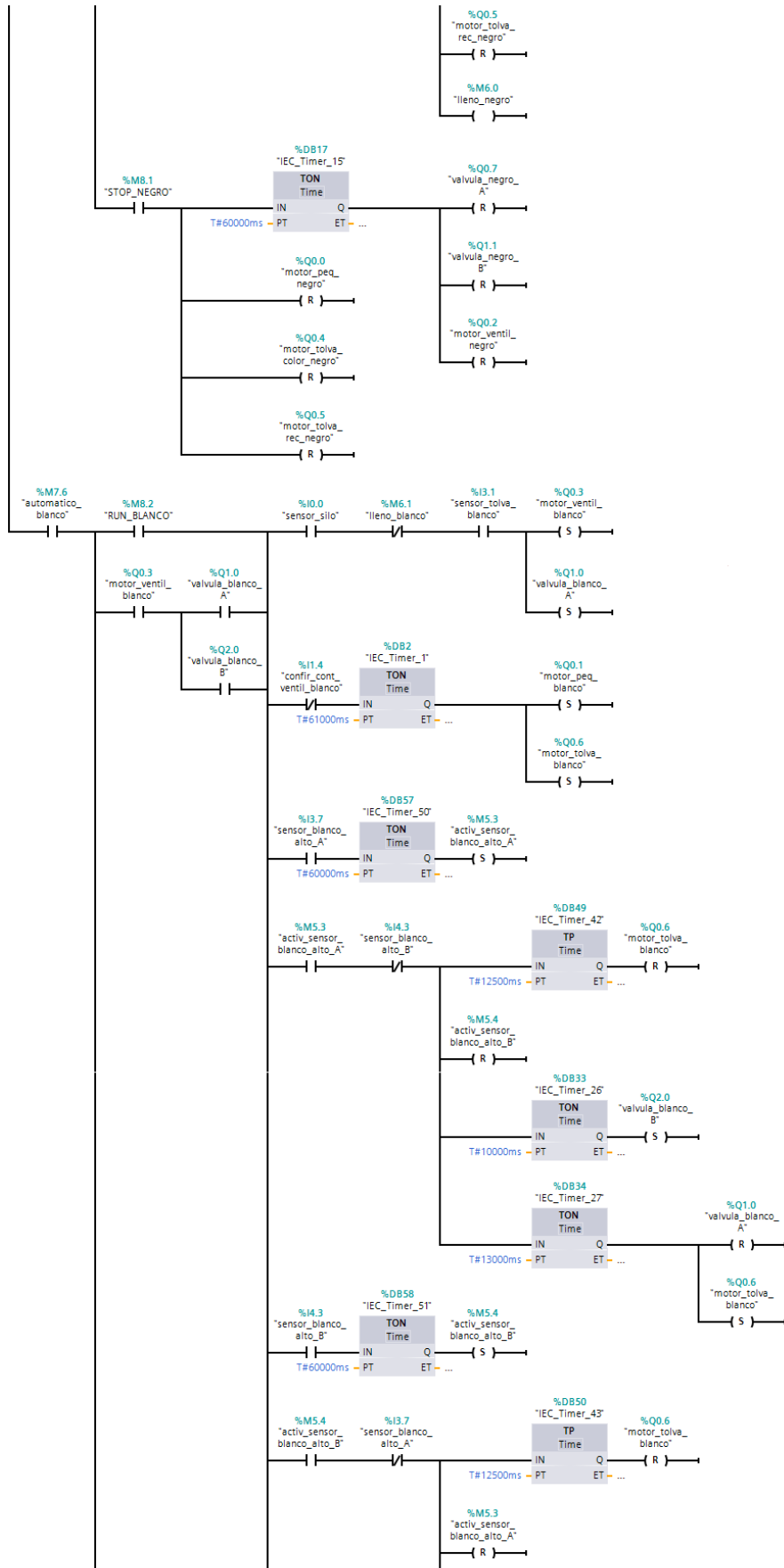


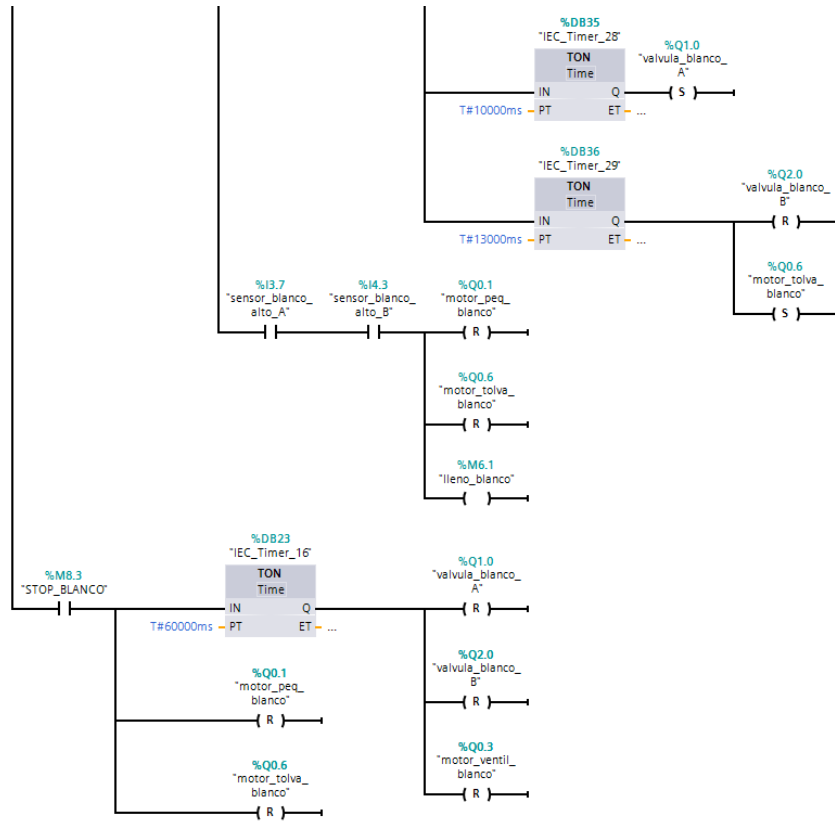


Segmento 3: MODO AUTOMÁTICO

Comentario

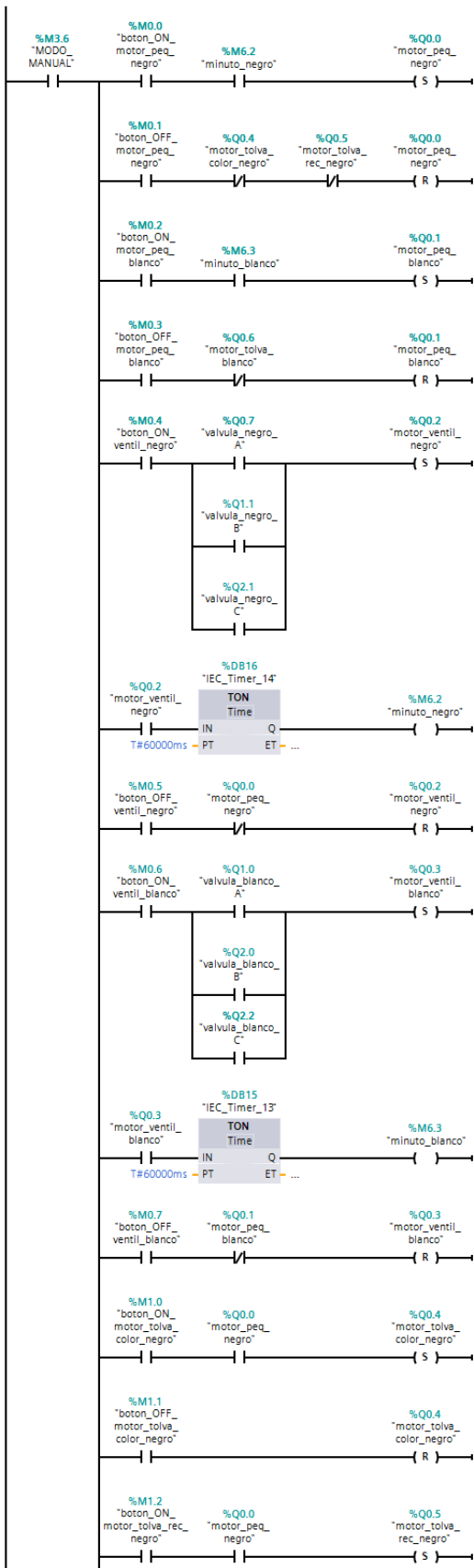


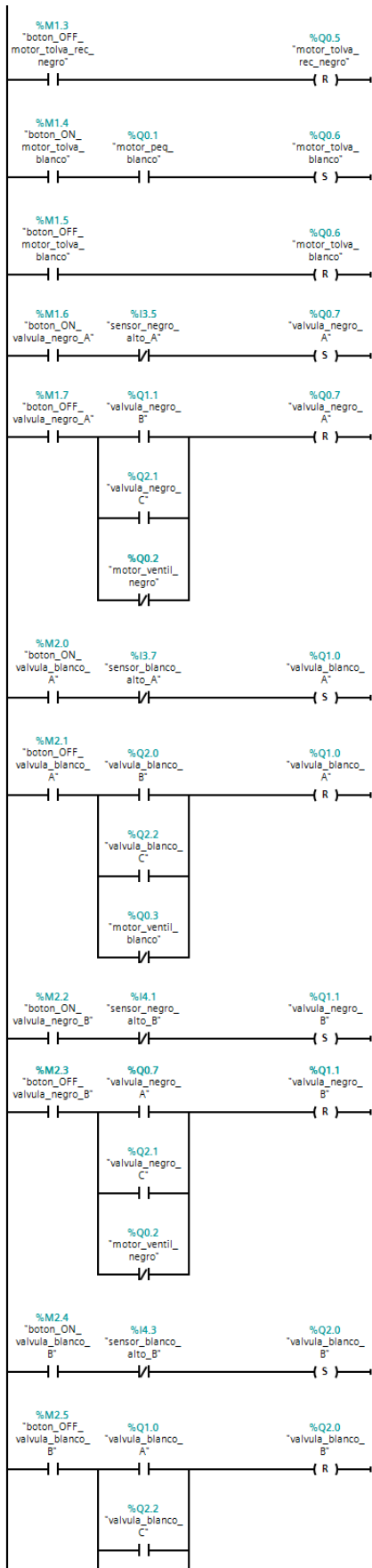


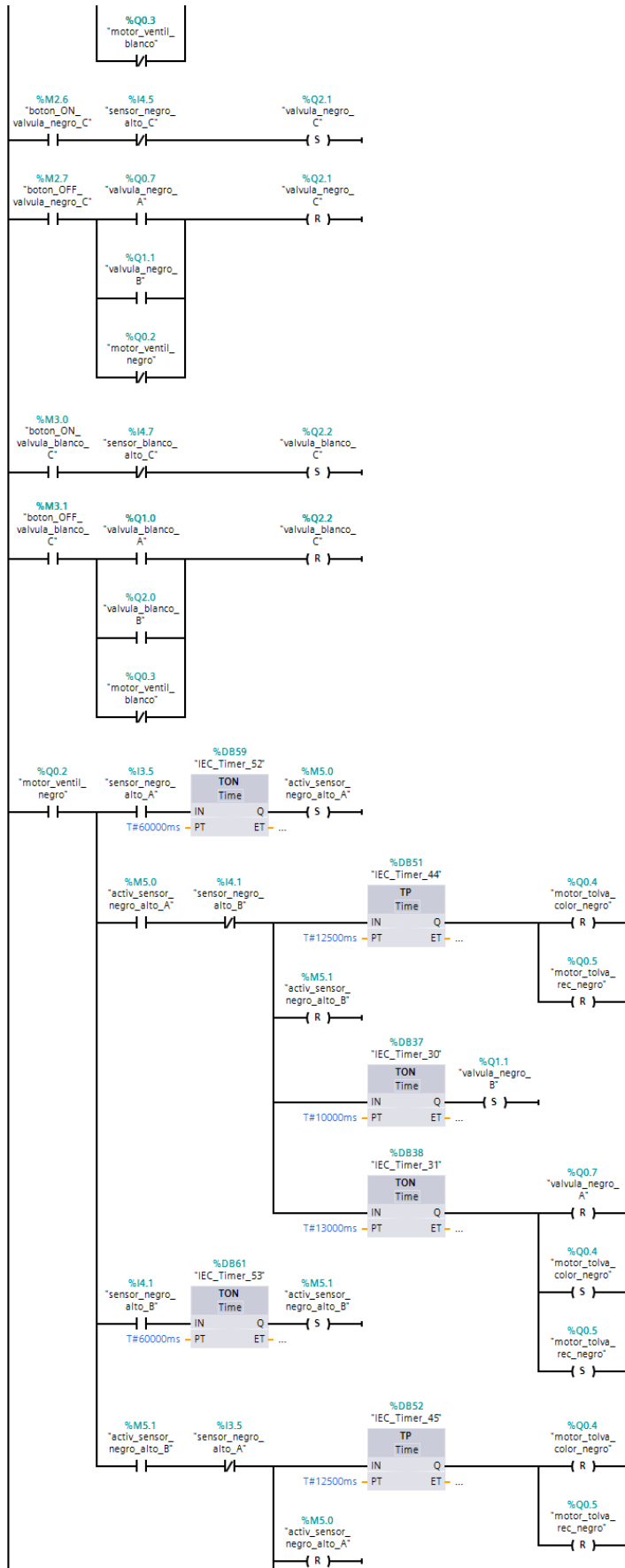


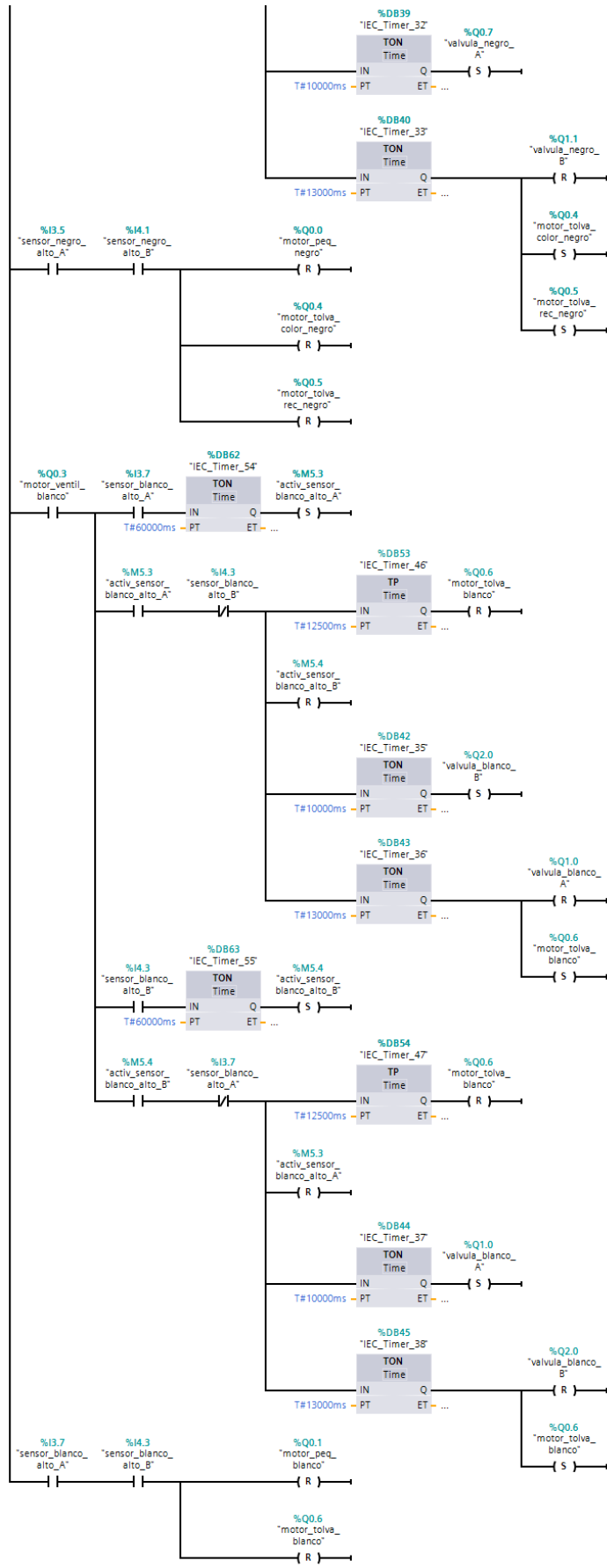
Segmento 4: MODO MANUAL

Comentario



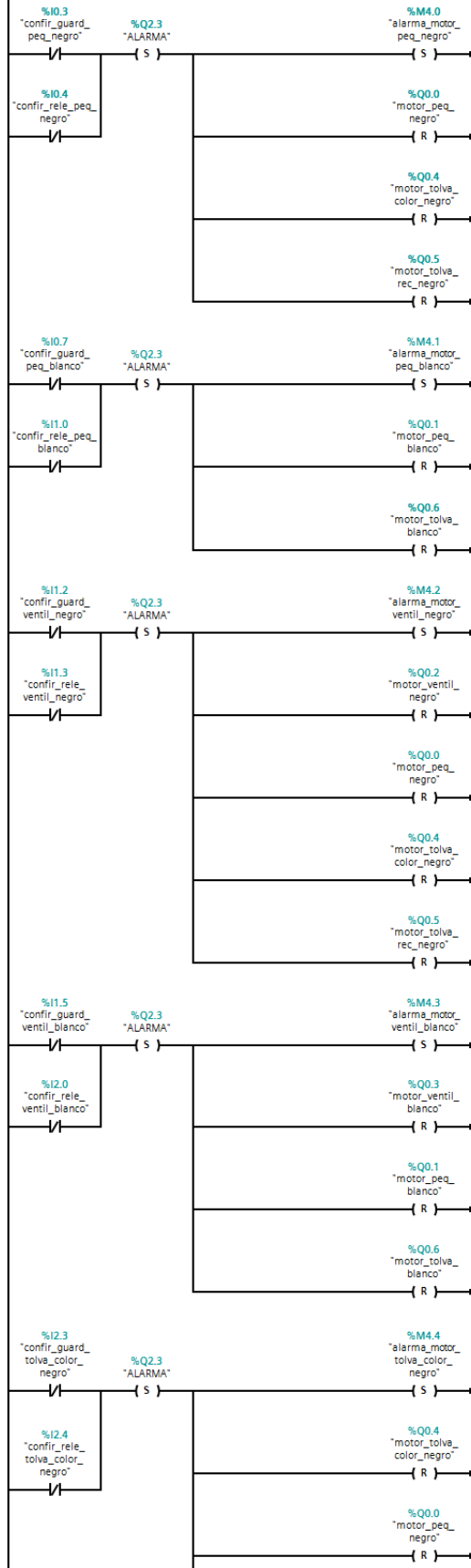


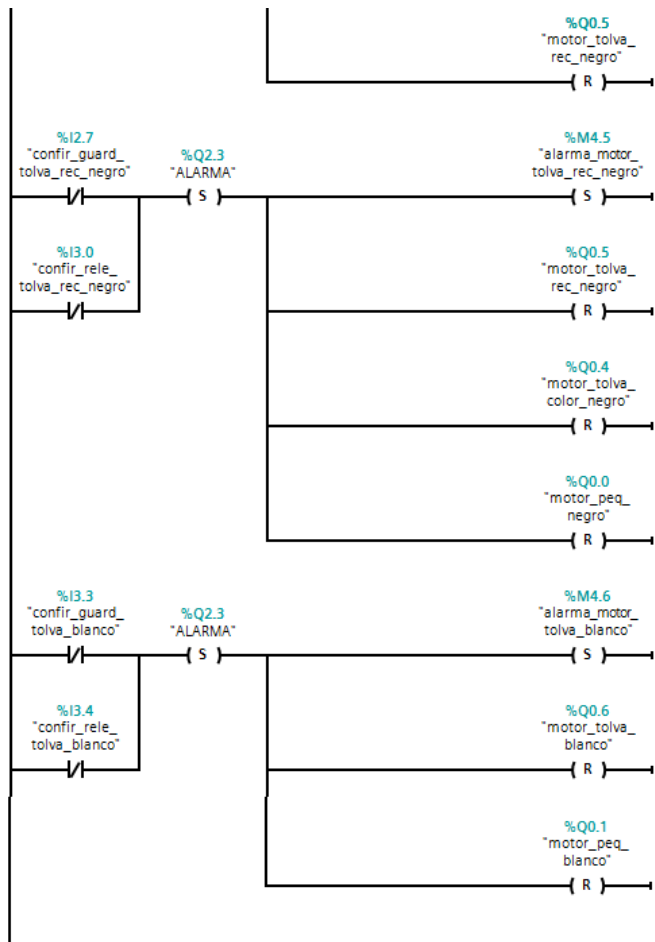




Segmento 5: FALLAS DE MOTORES (ALARMAS)

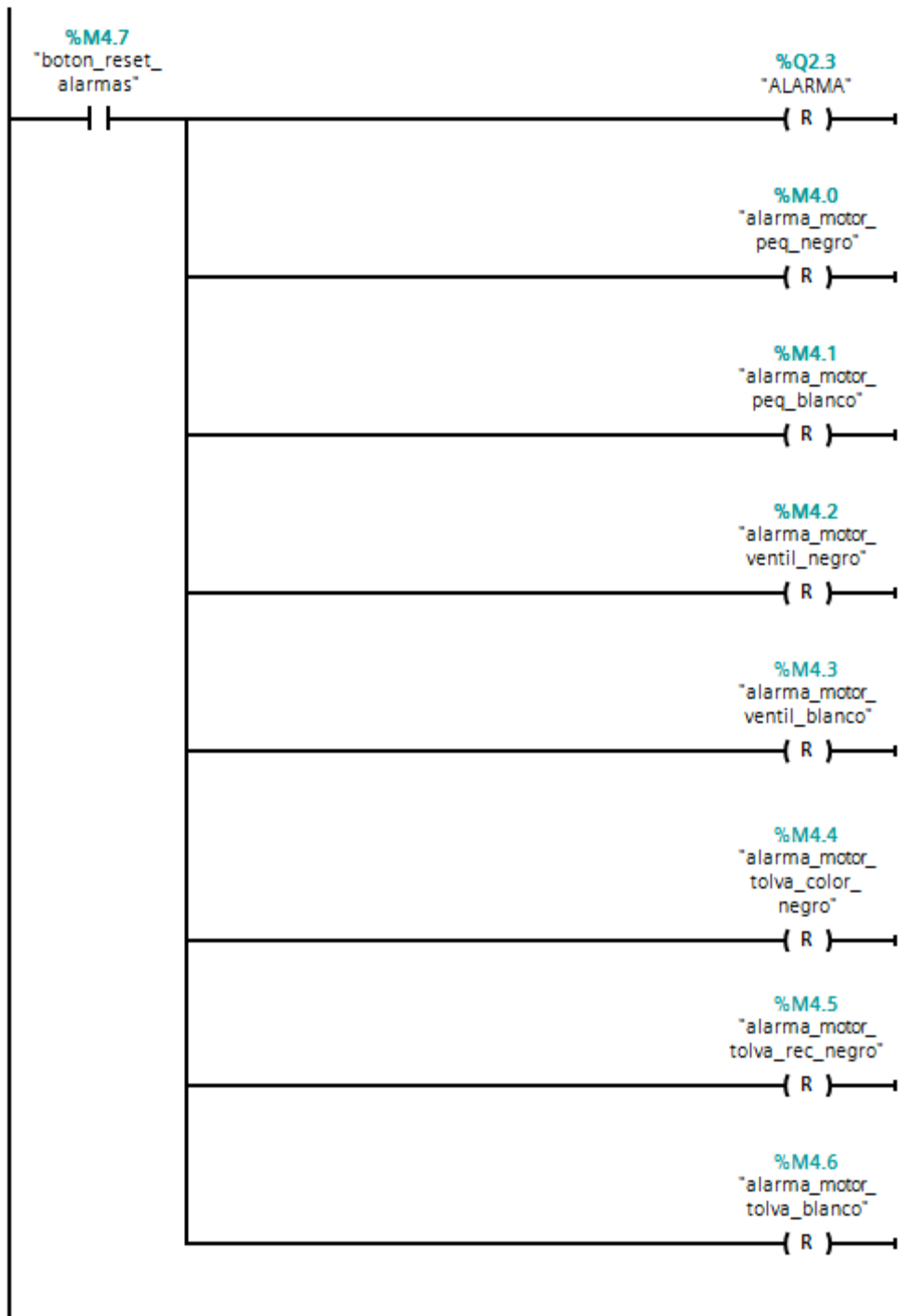
Comentario





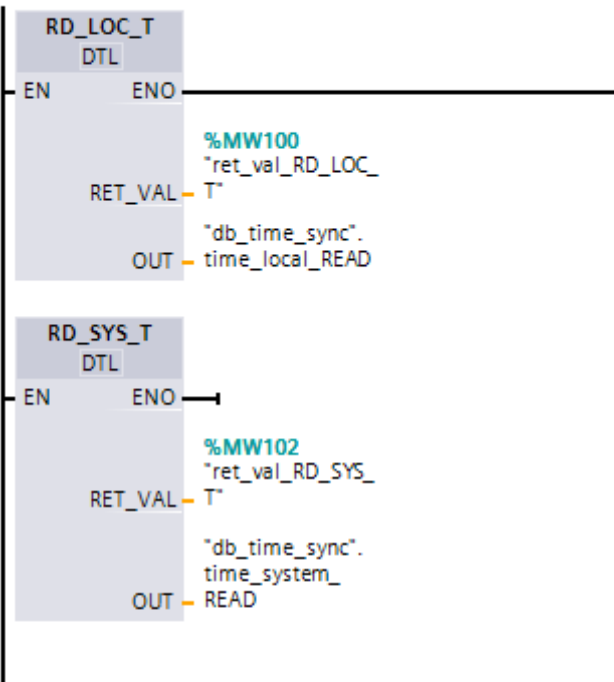
Segmento 6: RESET ALARMAS

Comentario



Segmento 7: CONFIGURACIÓN DEL RELOJ

Comentario

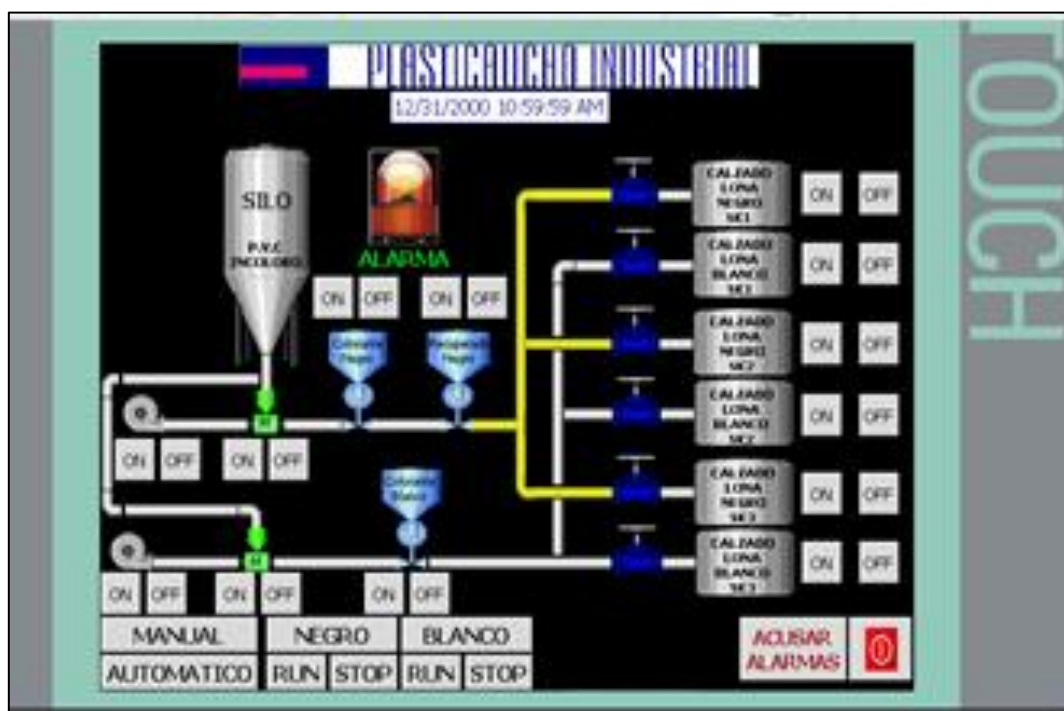


ANEXO D

Manual de Usuario

**CONTROL AUTOMÁTICO PARA
ABASTECIMIENTO DE PVC DESDE LA
SECCIÓN PREFABRICADOS
TERMOPLÁSTICOS A LA SECCIÓN
CALZADO LONA EN LA EMPRESA
PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.**

MANUAL DE USUARIO



Elaborado por: Gabriel Vaca

TABLA DE CONTENIDOS

<u>INTRODUCCIÓN</u>	2
<u>NORMAS DE SEGURIDAD</u>	2
<u>SEGURIDAD GENERAL:</u>	2
<u>SEGURIDAD ELÉCTRICA:</u>	3
<u>IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y PARTES</u>	4
<u>Tablero Central de Control:</u>	4
<u>Panel Frontal de la HMI:</u>	5
<u>FUNCIONAMIENTO</u>	8
<u>1. Modo Automático:</u>	8
<u>2. Modo Manual:</u>	9
<u>ALARMAS Y DETECCIÓN DE FALLAS</u>	11

INTRODUCCIÓN

El control automático para el proceso de abastecimiento de PVC; permite transportar automáticamente el PVC desde la Sección Prefabricados Termoplásticos hasta la Sección Calzado Lona. Además de tener la capacidad de funcionamiento manual de cada uno de los elementos que componen el sistema.

El monitoreo del proceso se lo puede observar en la pantalla táctil SIMATIC HMI que se encuentra en la entrada a la Sección Prefabricados Termoplásticos; este monitoreo permitirá visualizar el funcionamiento de cada uno de los equipos en las tres diferentes áreas: Sección Prefabricados Termoplásticos, Sección Calzado Lona y el área de paso entre dichas secciones.

NORMAS DE SEGURIDAD

Para prevenir todo riesgo y evitar cualquier tipo de accidente se deben tomar muy en cuenta las siguientes normas de seguridad:

1. SEGURIDAD GENERAL:



La seguridad es importante. No deje de informar acerca de cualquier anomalía durante la puesta en marcha o el funcionamiento de la máquina. Informe si:

- **OYE** golpes, compresiones, escapes de aire o cualquier otro ruido poco común.

- **HUELE** aislante quemado, metal caliente, goma quemada o aceite quemado.
- **SIENTE** cambios en el funcionamiento de los equipos.
- **VE** problemas en las conexiones de los cables o en otros equipos.
- **INFORME** sobre cualquier cosa que vea, sienta, huelga u oiga que pueda ser insegura o diferente de lo esperado.

2. SEGURIDAD ELÉCTRICA:



Para realizar los trabajos eléctricos se debe cumplir con las medidas técnicas de seguridad según el artículo 65 del Reglamento Interno De Seguridad Y Salud Del Trabajo de Plasticaucho Industrial S.A.

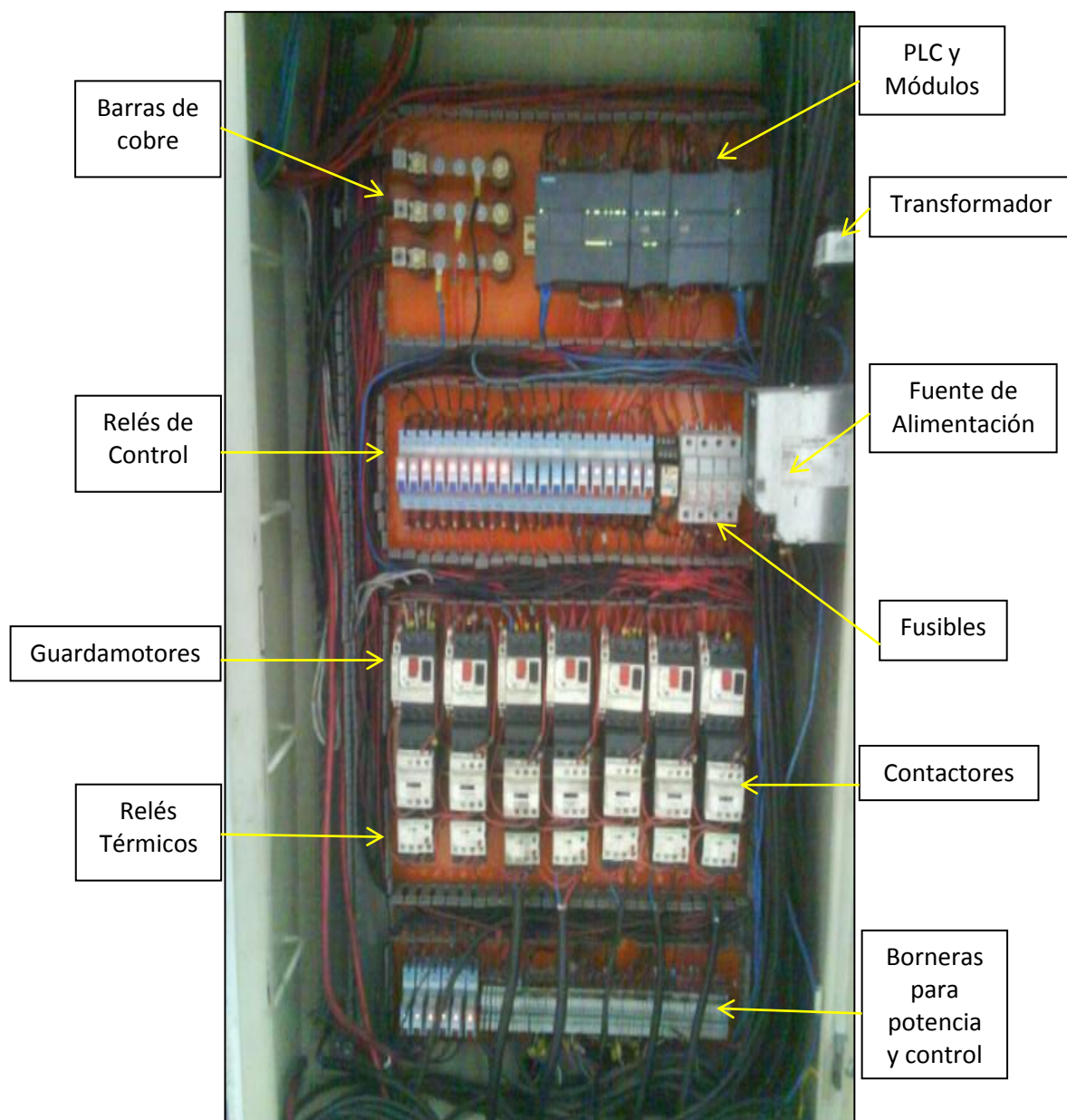
Las 5 reglas de oro para trabajar en instalaciones eléctricas:

1. Abrir todas las fuentes de tensión (obligatorio).
2. Enclavamiento o bloqueo, si es posible en aparatos de corte, (obligatorio).
3. Reconocimiento de la ausencia de tensión, (obligatorio).
4. Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión, (recomendable).
5. Delimitar la zona de trabajo mediante señalización o pantallas aislantes, (recomendable).

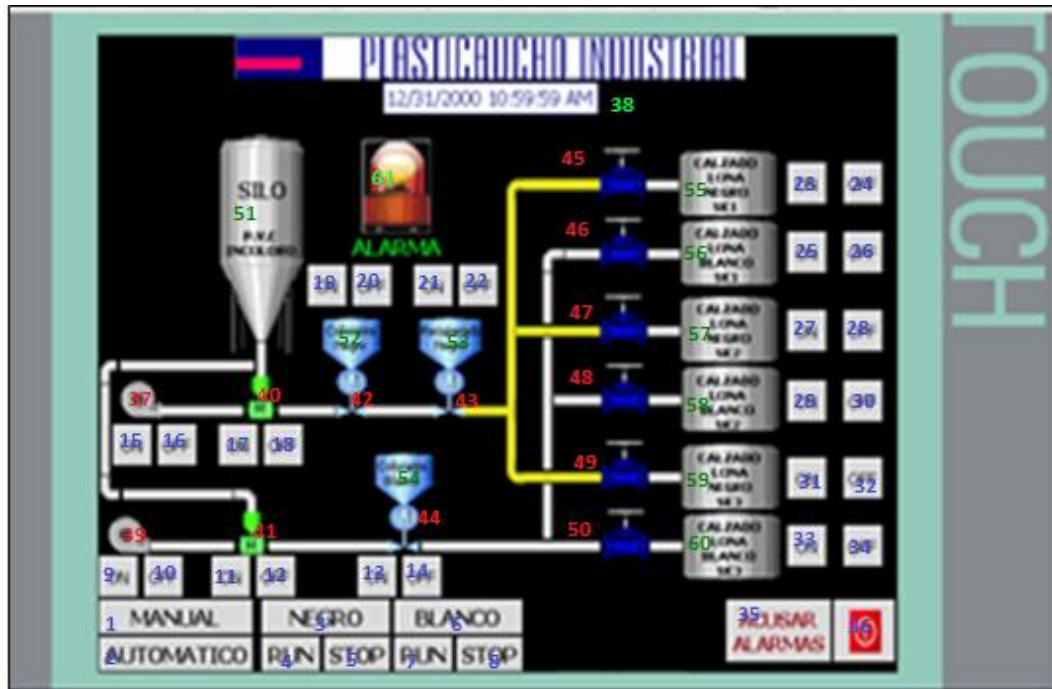
IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y PARTES

Este sistema de control automático cuenta con las siguientes partes, que se encuentra identificadas y detalladas en las siguientes figuras.

3. Tablero Central de Control:



4. Panel Frontal de la HMI:



1. Botón de modo Manual
2. Botón de modo Automático
3. Botón de modo Automático de PVC Negro
4. Botón de RUN de PVC Negro
5. Botón de STOP de PVC Negro
6. Botón de modo Automático de PVC Blanco
7. Botón de RUN de PVC Blanco
8. Botón de STOP de PVC Blanco
9. Botón de encendido del soplador de PVC Blanco
10. Botón de apagado del soplador de PVC Blanco
11. Botón de encendido del tornillo sinfín de PVC Blanco
12. Botón de apagado del tornillo sinfín de PVC Blanco
13. Botón de encendido de la válvula dosificadora de colorante de PVC Blanco
14. Botón de apagado de la válvula dosificadora de colorante de PVC Blanco
15. Botón de encendido del soplador de PVC Negro
16. Botón de apagado del soplador de PVC Negro

- 17.** Botón de encendido del tornillo sinfín de PVC Negro
- 18.** Botón de apagado del tornillo sinfín de PVC Negro
- 19.** Botón de encendido de la válvula dosificadora de colorante de PVC Negro
- 20.** Botón de apagado de la válvula dosificadora de colorante de PVC Negro
- 21.** Botón de encendido de la válvula dosificadora de recuperado de PVC Negro
- 22.** Botón de apagado de la válvula dosificadora de recuperado de PVC Negro
- 23.** Botón de encendido de la válvula pinch del SK1 de PVC Negro
- 24.** Botón de apagado de la válvula pinch del SK1 de PVC Negro
- 25.** Botón de encendido de la válvula pinch del SK1 de PVC Blanco
- 26.** Botón de apagado de la válvula pinch del SK1 de PVC Blanco
- 27.** Botón de encendido de la válvula pinch del SK2 de PVC Negro
- 28.** Botón de apagado de la válvula pinch del SK2 de PVC Negro
- 29.** Botón de encendido de la válvula pinch del SK2 de PVC Blanco
- 30.** Botón de apagado de la válvula pinch del SK2 de PVC Blanco
- 31.** Botón de encendido de la válvula pinch del SK3 de PVC Negro
- 32.** Botón de apagado de la válvula pinch del SK3 de PVC Negro
- 33.** Botón de encendido de la válvula pinch del SK3 de PVC Blanco
- 34.** Botón de apagado de la válvula pinch del SK3 de PVC Blanco
- 35.** Botón de Acuse de alarmas des sistema
- 36.** Botón de salida de la pantalla principal de la HMI
- 37.** Soplador de PVC Negro
- 38.** Fecha y Hora del sistema
- 39.** Soplador de PVC Blanco
- 40.** Tornillo sinfín de PVC Negro
- 41.** Tornillo sinfín de PVC Blanco
- 42.** Válvula dosificadora de colorante de PVC Negro
- 43.** Válvula dosificadora de recuperado de PVC Negro
- 44.** Válvula dosificadora de PVC Blanco

- 45.** Válvula Pinch del SK1 de PVC Negro
- 46.** Válvula Pinch del SK1 de PVC Blanco
- 47.** Válvula Pinch del SK2 de PVC Negro
- 48.** Válvula Pinch del SK2 de PVC Blanco
- 49.** Válvula Pinch del SK3 de PVC Negro
- 50.** Válvula Pinch del SK3 de PVC Blanco
- 51.** Silo de PVC incoloro
- 52.** Tolva de colorante de PVC Negro
- 53.** Tolva de recuperado de PVC Negro
- 54.** Tolva de colorante de PVC Blanco
- 55.** SK1 de PVC Negro
- 56.** SK1 de PVC Blanco
- 57.** SK2 de PVC Negro
- 58.** SK2 de PVC Blanco
- 59.** SK3 de PVC Negro
- 60.** SK3 de PVC Blanco
- 61.** Indicador de Alarma

FUNCIONAMIENTO

Antes de iniciar el proceso de abastecimiento de PVC a la Sección Calzado Lona se deben realizar algunas comprobaciones con el fin de evitar daños o mal funcionamiento del sistema:

- Encender el sistema presionando el pulsador de inicio que se encuentra alado de la HMI y observar que en la pantalla de la interfaz no existan alarmas o avisos de fallas.
- Verificar que las tuberías que transportan el PVC estén totalmente destapadas, para lo cual se debe constatar que haya flujo de aire en los SK's de la Sección Calzado Lona.
- Verificar el funcionamiento de todas las válvulas involucradas en el proceso, especialmente de las válvulas pinch ya que un mal funcionamiento de estas provocaría que las tuberías se taponen.

Una vez que se han realizado las comprobaciones del sistema se procede a iniciar el proceso.

El funcionamiento de este sistema automático posee dos modos de funcionamiento detalladas a continuación:

5. Modo Automático:

Para realizar el transporte de PVC en forma automática se deben seguir los siguientes pasos básicos:

- El operador tiene que pulsar el botón "AUTOMÁTICO" en la pantalla táctil para que aparezcan los demás botones que sirven para la operación automática.
- Se debe pulsar el botón "RUN" del color del PVC que se desee transportar. Inmediatamente después de pulsar dicho botón se activan al mismo tiempo el soplador y la válvula pinch del SK1 del color seleccionado.

- Un minuto después (con la tubería totalmente limpia) se encienden los motores del tornillo sinfín y de las válvulas rotatorias de dosificación de colorante y recuperado de PVC del color seleccionado.
- Cuando uno de los SK's se llena totalmente, entonces se cierra la válvula pinch del SK que se llenó y se abre la válvula pinch del siguiente SK y así sucesivamente.
- Si se da el caso en el que todos los SK's están llenos de material, entonces el sistema se detiene temporalmente hasta que descienda el nivel de llenado de cualquiera de los SK's.
- Cada elemento indica su estado de operación mediante los indicadores respectivos, es decir que si el indicador es de color verde está encendido y si el indicador es de color rojo está apagado.
- Si el operador desea detener el proceso solo tiene que pulsar el botón "STOP" para que todos los elementos actuadores se apaguen secuencialmente en orden inverso al de encendido de forma automática.

6. Modo Manual:

Sirve para poder controlar manualmente cada una de los equipos, en caso de comprobaciones previas al inicio del proceso, corrección de fallas o mantenimiento, se deben seguir los pasos siguientes:

En este modo de trabajo el operador podrá activar o desactivar manualmente uno por uno los actuadores que están involucrados en el proceso; pero la activación de algunos actuadores dependerá del estado de otros actuadores, lo cual se detallará a continuación:

- El operador tiene que pulsar el botón "MANUAL" en la pantalla táctil para que aparezcan los botones de encendido y apagado manual de cada uno de los elementos del sistema.

- El primer elemento que debe activar el operador es una de las válvulas pinch y el primer motor que debe encender es el del soplador de PVC del color deseado, solo si ha transcurrido un minuto como tiempo mínimo después de encenderlo puede proceder a activar el motor del tornillo sinfín, esto se hace con el objetivo de limpiar por completo la tubería antes de empezar a transportar el PVC.
- Solo si el motor del tornillo sinfín esta encendido entonces es posible activar los motores de las válvulas rotatorias de dosificación de colorante y recuperado de PVC.
- Para desactivar los actuadores se realiza el proceso inverso al descrito anteriormente, es decir, se debe apagar primero los motores de las válvulas rotatorias de dosificación de colorante y recuperado de PVC, luego se apaga el motor del tornillo sinfín, posteriormente se debe apagar el motor del soplador y por último se deberá cerrar la válvula pinch por la cual estaba atravesando el PVC del color seleccionado.

ALARMAS Y DETECCIÓN DE FALLAS

Tanto en modo manual como en automático se realiza un control del nivel de material en el silo de PVC incoloro, en las tolvas de dosificación de colorante y recuperado de PVC, y en los SK's; además se tiene un monitoreo de fallas en cualquier elemento del sistema automatizado mediante un disparo de alarmas.

El indicador de alguna alarma que se de en el proceso será el siguiente:



Al visualizar este gráfico en la HMI, el operador deberá informar al técnico de turno para que corrija las fallas existentes en el sistema.

Después de corregir todas las fallas el operador tiene que pulsar el botón “ACUSAR ALARMAS” para reanudar el proceso automático

Autor: Gabriel Vaca