



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

**“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL
DE LOS PROCESOS CON LÓGICA PROGRAMADA DE LA
LÍNEA DE FAENAMIENTO BOVINO Y PORCINO DEL CAMAL
MUNICIPAL RIOBAMBA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN: PROYECTO TÉCNICO
Para optar al Grado Académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR: RICHARD ORLANDO GARCÍA GARCÍA

TUTOR: ING. EDWIN ALTAMIRANO

Riobamba-Ecuador

2017

©2017, Richard Orlando García García

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL DE LOS PROCESOS CON LÓGICA PROGRAMABLE DE LA LÍNEA DE FAENAMIENTO BOVINO Y PORCINO DEL CAMAL MUNICIPAL DE RIOBAMBA”**, de responsabilidad del señor Richard Orlando García García, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna E. DECANO FIE	-----	-----
Ing. Freddy Chávez V. DIRECTOR EIE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	-----	-----
Ing. Edwin Altamirano DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----
Ing. Marco Viteri MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----

YO, RICHARD ORLANDO GARCÍA GARCÍA, soy responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

.....

Richard Orlando García García

ESTUDIANTE

.....

Ing. Edwin Altamirano

DIRECTOR DE TRABAJO

DE TITULACION

.....

Ing. Marco Viteri

MIEMBRO DE TRABAJO

DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios porque cada día permite que mis ojos vean un nuevo amanecer, permitiéndome llegar a conquistar un logro importante en mi formación profesional. A mi padre, por creer en mí brindándome su apoyo incondicional cada día. A mi hermano por sus buenos deseos de que yo me supere en la vida.

A mi madre querida, a pesar de nuestra distancia física, siento que cada día estás conmigo y aunque nos faltó muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento de verme alcanzando un logro profesional hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi adorada esposa, que estuvo conmigo desde el principio de esta cruzada y nunca desmayó su fe en que lo conseguiría. A mi príncipe hermoso mi gran impulso, mi generador de ideas.

RICHARD

AGRADECIMIENTO

A dios por darme la fuerza y la fortaleza necesaria para lograr cada una de mis metas, a mi familia por bríndame su apoyo y siempre estar con migo y ver culminada esta etapa más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a mi querida Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil que aporte al cambio de la matriz productiva.

Al Ing. Edwin Altamirano, Ing. Eduardo García e Ing. Diana Cayambe por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con su ayuda de sus conocimientos se lograron elaborar de la mejor forma este presente documento.

RICHARD

TABLA DE CONTENIDO

Páginas

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1.	Proceso industrial.....	4
1.1.1.	<i>Control en lazo abierto</i>	5
1.1.2.	<i>Control en lazo cerrado</i>	5
1.2.	Sistema automatizado	6
1.2.1.	<i>Componentes del Sistema Automatizado</i>	7
1.2.2.	<i>Clasificación tecnológica de los Sistemas de control.....</i>	8
1.2.2.1.	<i>Lógica cableada</i>	8
1.2.2.2.	<i>Lógica Programada</i>	9
1.3.	Controlador Lógico Programable.....	9
1.3.1.	<i>Estructura de un Controlador Lógico Programable</i>	10
1.3.2.	<i>Funcionamiento de un Controlador Lógico programable.....</i>	11
1.3.3.	<i>Lenguajes de programación para PLC.....</i>	12
1.3.1.1.	<i>Grafcet.....</i>	12
1.3.1.2.	<i>Lista de instrucciones.....</i>	13

1.3.1.3.	<i>Texto estructurado</i>	13
1.3.1.4.	<i>Diagrama de funciones</i>	13
1.3.1.5.	<i>Ladder</i>	14
1.3.4.	Software de programación para PLC	14
1.3.4.1.	<i>Tia portal</i>	14
1.3.5.	Controlador SIMATIC S7-1200	15
1.4.	Protocolos Industriales de Comunicación	16
1.4.1.	<i>Profinet</i>	17
1.4.2.	<i>Profibus</i>	17
1.4.3.	<i>Fieldbus</i>	17
1.4.4.	<i>Universal Serial Interface (USS)</i>	17
1.4.5.	<i>Modbus</i>	18
1.5.	Interfaz Hombre –Máquina (HMI)	18
1.5.1.	<i>Software para la programación del HMI</i>	19
1.5.2.	<i>SIMATIC HMI KTP400 BASIC</i>	20
1.6.	Software NI Labview	21
1.6.1.	<i>Componentes NI LabView</i>	22
1.7.	Actuadores	23
1.7.1.	<i>Motor eléctrico trifásico</i>	23
1.7.2.	<i>Luz piloto</i>	24
1.7.3.	<i>Pulsador</i>	24
1.8.	Elementos de protección	25
1.8.1.	<i>Breaker</i>	25
1.8.2.	<i>Relé térmico diferencial</i>	26
1.8.3.	<i>Contactador</i>	27
1.9.	Conductores	27
 CAPITULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO	29

2.1.	Camal Municipal de la Ciudad de Riobamba.....	29
2.1.1.	<i>Localización.....</i>	<i>30</i>
2.1.2.	<i>Descripción de las líneas de faenamiento.....</i>	<i>30</i>
2.1.3.	<i>Evaluación de los equipos instalados</i>	<i>33</i>
2.2.	Dimensionamiento de los conductores.....	34
2.3.	Dimensionamiento de protecciones.....	37
2.4.	Diseño del circuito eléctrico de control y potencia	38
2.5.	Selección del Controlador Lógico Programable	40
2.5.1.	<i>Configuración del PLC S7-1200 CPU 1214C</i>	<i>41</i>
2.6.	Programación del PLC	43
2.7.	Sistema de Monitoreo Local	46
2.7.1.	<i>Selección del Touch Panel.....</i>	<i>47</i>
2.7.2.	<i>Programación del Touch Pannel.....</i>	<i>48</i>
2.8.	Sistema de Monitoreo Remoto	51
2.8.1.	<i>Desarrollo del HMI en NI Labview</i>	<i>51</i>
2.8.2.	<i>Creación del OPC.....</i>	<i>52</i>
2.8.3.	<i>Conexión Labview- OPC.....</i>	<i>58</i>
2.9.	Integración de los Sistemas.....	59
 CAPITULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	62
3.1.	Monitoreo del sistema de faenamiento en NI Labview	62
3.2.	Monitoreo del Sistema a través del Touch Panel.....	64
3.3.	Comparación del sistema antiguo con el sistema repotenciado	66
3.4.	Monto del Sistema Electrónico.....	69
	CONCLUSIONES.....	71
	RECOMENDACIONES.....	72
 BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Simbología del lenguaje Ladder.....	14
Tabla 2-1:	Especificaciones técnicas del PLC S7-1200 con CPU AC/DC/relé.....	16
Tabla 3-1:	Características técnicas del Touch Panel KTP400	21
Tabla 1-2:	Evaluación de los equipos instalados	33
Tabla 2-2:	Cargas a manejarse con sus respectivas potencias.....	34
Tabla 3-2:	Corriente calculada para cada máquina.....	36
Tabla 4-2:	Conductores empleados en cada máquina	36
Tabla 5-2:	Dimensionamiento de fusibles (k=1.8)	38
Tabla 6-2:	Dimensionamiento de relés termomagnéticos (k=2).....	38
Tabla 7-2:	Características de las tres versiones del PLC SIMATIC S7-1200	41
Tabla 2-3:	Precio de dispositivos utilizados	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Modelo del proceso.....	4
Figura 2-1:	Control en lazo abierto.....	5
Figura 3-1:	Diagrama de control en lazo cerrado.....	6
Figura 4-1:	Modelo estructural de un sistema automatizado	7
Figura 5-1:	Conexión lógica cableada.....	8
Figura 6-1:	Conexión lógica programada	9
Figura 7-1:	Estructura básica de un PLC	11
Figura 8-1:	Lenguaje Grafcet.....	12
Figura 9-1:	Lenguaje de Lista de instrucciones	13
Figura 10-1:	Simatic PLC S7-1200.....	15
Figura 11-1:	Estructura general del software HMI.....	19
Figura 12-1:	Estructura de KTP700 Basic	21
Figura 13-1:	Ventana del Panel Frontal	22
Figura 14-1:	Paleta de Controles.....	23
Figura 15-1:	Partes de un motor trifásico	24
Figura 16-1:	Luz piloto	24
Figura 17-1:	Pulsador.....	25
Figura 19-1:	Relé térmico MT-32/32K	26
Figura 1-2:	Localización	30
Figura 2-2:	Grúa de plataforma 1 Ton.....	31
Figura 3-2:	Grúa para izaje.....	31
Figura 4-2:	Grúa paar descuerado CM.....	32
Figura 5-2:	Sierra eléctrica cortadora de esternón	32
Figura 6-2:	Sierra eléctrica cortadora de canal	32
Figura 7-2:	Bomba multietapa para lavado de canal	33
Figura 8-2:	Amperaje que soportan los cables de cobre	36
Figura 9-2:	Diagrama eléctrico de potencia	39

Figura 10-2:	Diagrama eléctrico de control	40
Figura 11-2:	Pantalla para añadir PLC S7 1200 CPU1214C	42
Figura 12-2:	Propiedades de la CPU 1214C.....	42
Figura 13-2:	Configuración de la IP de la CPU 1214C	43
Figura 14-2:	Programación para controlar la Sierra Eléctrica Cortadora de Canal.....	44
Figura 15-2:	Programación para controlar la Grúa para para descuerado	44
Figura 16-2:	Programación para controlar la sierra eléctrica cortadora de esternón....	45
Figura 17-2:	Programación para controlar la grúa de plataforma 1 tonelada.....	45
Figura 18-2:	Programación para controlar la grúa de tambor de izaje	46
Figura 19-2:	Programación para controlar la bomba multietapa para lavado del canal	46
Figura 20-2:	Configuración de la Touch Pannel.....	49
Figura 21-2:	Añadir Touch Pannel	49
Figura 22-2:	Configuración de la IP de la Touch Pannel.....	50
Figura 23-2:	Pantalla principal	50
Figura 24-2:	Pantalla de Monitoreo del Sistema	51
Figura 25-2:	Pantalla HMI de Monitoreo Línea de Faenamiento.....	52
Figura 26-2:	Creación del canal de comunicación.....	52
Figura 27-2:	Selección de Drivers	53
Figura 28-2:	Configuración de la tarjeta de red.....	53
Figura 29-2:	Habilitar la escritura sobre las TAGS	54
Figura 30-2:	Finalizar la creación del Canal de comunicación	54
Figura 31-2:	Asignación del dispositivo PLC CAMAL.....	55
Figura 32-2:	Selección del PLC S7 1200.....	55
Figura 33-2:	Asignación de dirección IP	56
Figura 34-2:	Añadir nueva TAG.....	56
Figura 35-2:	Ingreso de variables de salida (Q0.1).....	57
Figura 36-2:	Ingreso de variables de entrada (I0.1)	57
Figura 37-2:	Descripción de TAGS de entradas y salidas del sistema.....	58
Figura 38-2:	Creación de nueva librería en Labview.....	58

Figura 39-2:	Librería “PLC CAMAL” añadida.....	59
Figura 40-2:	Variables de la librería.....	59
Figura 42-2:	Tablero de control instalado.....	61
Figura 1-3:	Pantalla de monitoreo de cargas todas apagadas	62
Figura 2-3:	Pantalla de monitoreo del proceso con todas las cargas activas.....	63
Figura 3-3:	Pantalla de monitoreo del proceso con cargas activas alternadas	63
Figura 4-3:	Circuito del sensor de dirección de viento.....	64
Figura 5-3:	Pantalla de monitoreo de cargas inactivas	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: % Elementos instalados Sistema Antigo VS Sistema repotenciado..... 68

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Relación de potencia instantánea	34
Ecuación 2-2: Corriente de protección de fusibles.....	37
Ecuación 3-2: Corriente de protección	37

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL PLC
- ANEXO B.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DE SIMATIC TOUCH PANEL KTP400
- ANEXO C.** HOJA DE ESPECIFICACIONES DE RELÉ TÉRMICO MT-32/3K
- ANEXO D.** DESMONTAJE DEL SISTEMA ANTIGUO.
- ANEXO E.** INSTALACIÓN DEL SISTEMA REPOTENCIADO
- ANEXO F.** VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO REMOTO
- ANEXO G.** CARTA DE CONFORMIDAD
- ANEXO H.** CONVENIO FIRMADO ENTRE LA ESPOCH Y EL GAD DE RIOBAMBA
- ANEXO I.** PORTADA MANUAL TÉCNICO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Amperios
AC	Corriente alterna
ASCII	Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información
CPU	Unidad de Procesamiento Central
EPP	Equipo de protección personal
FBD	Function block diagram
ft	pies
HMI	Interfaz Hombre- Máquina
mA	miliamperios
mm	milímetros
NI	National Instruments
OPC	OLE for Process Control
PLC	Controlador lógico programable
PTP	Punto a punto
RAM	Random Access Memory
RTU	Remote Transmission Unit
ST	Structured text
TCP/IP	Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet
μs	microsegundos
USS	Universal Serial Interface
V DC	Voltaje de corriente directa

V AC Voltaje de corriente alterna

V Voltios

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consistió en la repotenciación del sistema eléctrico de control de los procesos con lógica programada de la línea de faenamiento del camal Municipal Riobamba. La línea consta de seis etapas, cada una cuenta con sus respectiva máquina, denominadas grúa de plataforma para elevar la carga, grúa tambor para izaje de carga, grúa para descuerado, sierra eléctrica cortadora de esternón para cortar al animal y extraer las vísceras, sierra eléctrica cortadora de canal utilizada para despresado y bomba multietapa para lavado de canal. Cada etapa se habilita desde el tablero de control principal que se encuentra conectado a la red de distribución trifásica del camal, en el cual está instalado el controlador lógico programable SIMATIC S7-1200 encargado de enviar una señal de activación a los diferentes puertos correspondientes a cada una de las máquinas. Para cada máquina se realizó la conexión del relé termomagnético y breaker, con ello se asegura la protección de las mismas por sobrecorrientes, sobrevoltajes o sobrecargas. Se implementó un sistema de monitoreo local mediante el Touch Panel SIMATIC KTP400 instalado en el tablero de control y un sistema de monitoreo remoto desarrollado en Labview ubicado en la oficina de control, en ambos se muestra el estado de operación de cada máquina. Con el sistema, repotenciado se mejoró el porcentaje de dispositivos utilizados en un 100 % y el porcentaje de mejora de los nuevos dispositivos instalados es del 20%; obteniendo una mejora del sistema de un 60%. El sistema repotenciado permite agilizar el proceso, haciéndolo técnicamente más rápido, higiénico y acorde con las crecientes exigencias tecnológicas, de los usuarios y consumidores actuales y futuros. Se recomienda que el operario revise el manual de operación previo al manejo de los equipos, con el fin de evitar daños en el sistema.

PALABRAS CLAVE <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)> <MONITOREO REMOTO>, <FAENAMIENTO>, <LÓGICA PROGRAMADA>, <LABVIEW (SOFTWARE)>.

ABSTRACT

The current graduation work was about re-enhancing the controlling electric system of the processes with programmed logics of the slaughtering line of the Municipal slaughter house Riobamba. The line is made up of six stages, each one has its own machinery called platform lifting crane, hoisting drum crane, skin remover crane, sternum electric cutting saw to cut the animal and remove entrails, carcass cutting electric saw used for cutting up and multistage pump for carcass cleaning. Each stage is enabled from the main controlling board connected to the triphasic distribution net of the slaughter house where the programmable Logic control SIMATIC S7-1200 is installed and which is in charge of sending an activation signal to the different ports corresponding to each one of the machines. For each machine, the connection of a thermomagnetic relay and breaker was done, with this, it is assured the protection of them against overcurrent, overvoltage and overload. A local monitoring system was implemented through the Touch Panel SIMATIC KTP 400 installed in the controlling board and a remote monitoring system developed by Labview situated at the controlling office, both show the operative state of each machine. With the system enhanced, the percentage of used Devices improved to 100% and the percentage of improvement of the new Devices installed raised 20%; having a total improvement of the system of 60%. The enhanced system allows speeding up the Process, making them technically faster, cleaner and suitable with the increasing technological demands of the current and future customers. It is recommended that the operator checks the operative manual before the equipment is used, so that damage in the system is prevented.

KEY WORDS: < ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCE>, <AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGY>, <INDUSTIAL PROCESSES AUTOMATION >, < PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <REMOTE MONITORING>, <SLAUGHTERING>, <PROGRAMMED LOGICS>, <LABVIEW (SOFTWARE)>.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Actualmente la ciudad de Riobamba tiene una población que alcanza alrededor de los 263.412 habitantes dentro de su área metropolitana presentando una tasa anual de crecimiento de 5% según información proporcionada por el INEC, en el año 2013.

El área metropolitana de la ciudad de Riobamba consta de 45km cuadrados. La crianza de ganado bovino, tiene varias finalidades para su uso, unas de sus principales es el consumo interno de la población, convirtiéndose en una de las principales actividades de producción en las zonas rurales. (Departamento de Monitoreo del Camal Municipal Riobamba)

Hablando en términos sociopolíticos y de productores de ganado en otras regiones del país, ha dado origen a una transición de actividades extensivas de las fronteras agrícolas y ganadera, la estimación que tiene la ciudad de Riobamba de consumo de carne faenada es alto. (Departamento de Monitoreo del Camal Municipal Riobamba)

Según departamento de monitoreo el camal Municipal Riobamba fue creado hace 35 años en la administración del Alcalde Dr. Fernando Guerrero Guerrero. Para cubrir la demanda posee una planta instalada de amplia capacidad que permite faenar grandes cantidades de ganado bovino entre otros.

Sin embargo se percibe aun la necesidad imperiosa de hacer mejoras técnicas en el Camal Municipal de Riobamba por los años de funcionamiento que tiene la planta, la misma que ayuden a optimizar cualitativamente y cuantitativamente el proceso de faenamiento de ganado vacuno y porcino para satisfacer la demanda de carne de la población local, prestando un servicio tanto para los productores como para el consumidor final dentro de la zona urbana y rural.

El presente trabajo de investigación busca contribuir con la repotenciación del proceso de faenamiento que permita mejorar las condiciones operativas del Camal Municipal de Riobamba.

Para esto se plantea la repotenciación del tablero de control de la planta de faenamiento de ganado vacuno como porcino en el camal, lo cual permitirá agilizar el proceso, haciéndolo técnicamente más rápido, higiénico y acorde con las crecientes exigencias tecnológicas, de los usuarios y consumidores actuales y futuros.

Formulación del problema

¿Es posible la repotenciación del tablero de control de la planta de proceso de faenamiento bovino y porcino en el Camal Municipal Riobamba?

Sistematización del problema

1. ¿Cómo ayudará el sistema de repotenciación trifásica en proceso de faenamiento a los usuarios?
2. ¿Cuáles serán los elementos electrónicos y eléctricos que mejor se adaptan al proceso de repotenciación?
3. ¿Cuáles serán los beneficios para el departamento de monitoreo de procesos del Camal Municipal Riobamba?

JUSTIFICACIÓN

Justificación teórica

El departamento de monitoreo del camal municipal de la ciudad de Riobamba presta un servicio de faenado de suma importancia para la ciudad y sus alrededores, por lo tanto, debe proporcionar las condiciones de higiene y calidad para asegurar la salud en los consumidores.

El proceso de faenamiento tanto para el ganado vacuno como porcino, puede ser mejorado mediante una adecuada y optima repotenciación de la planta, debido a los años de servicio de la planta y a la falta de un mantenimiento preventivo y correctivo dando como resultado procesos lentos y pocos seguros.

Sin embargo, lo antes mencionado conlleva situaciones de baja producción en la planta, el deterioro total hasta llegar a su paralización. Lo que implica pérdidas para la empresa en cuanto al abastecimiento de mercado nacional, siendo una zona productora para el abastecimiento de materia prima hasta llegar al consumidor final con un producto de calidad con alto valor agregado.

Justificación aplicativa

Actualmente el automatismo y los avances tecnológicos han evolucionado a grandes pasos y con ello se ha creado nuevos estándares en procesos industria a nivel nacional y mundial.

Mediante la repotenciación del tablero de control para los procesos de faenado de bovinos y porcinos se pretende mejorar los tiempos de producción de una forma eficiente y óptima ahorrando recursos energéticos.

OBJETIVOS

Objetivos generales

- Repotenciar el sistema eléctrico de control de los procesos con lógica programada de la línea de faenamiento bovino y porcino del camal municipal Riobamba.

Objetivos específicos

- Determinar el estado técnico del sistema de control de la planta de faenamiento bovino y porcino del camal Municipal Riobamba.
- Determinar el equipo necesario para la repotenciación del tablero de control de los procesos de la línea de faenamiento bovino y porcino.
- Implementar el tablero de control con los dispositivos y equipos dimensionados.
- Monitorear por medio de un HMI los procesos de la línea de faenamiento en tiempo real.
- Evaluar la repotenciación del tablero de control por medio de un estudio comparativo lógica cableada vs automatización con controladores lógico programables.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Proceso industrial

Un proceso es un conjunto de operaciones industriales que permiten modificar las propiedades de materias primas, con la finalidad de obtener productos o resultados que faciliten la vida del ser humano. Los procesos ofrecen diversas ventajas como son:

- Optimización de trabajo.
- Mayor eficiencia en la ejecución del trabajo.
- Evaluación de resultados.

Para el diseño y modelamiento de un proceso es necesario realizar los siguientes pasos:

- **Diagrama de flujo de Procesos:** en él se describen las etapas del proceso.
- **Especificaciones de Operaciones:** se identifican las entradas y salidas del proceso, además del tipo de variable.
- **Requerimientos de Procesamiento:** se debe especificar las necesidades del proceso para cumplir con un objetivo trazado.
- **Especificaciones de Equipos:** conocidos los requerimientos se procede a seleccionar los equipos adecuados.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** muestra el modelo de un proceso.

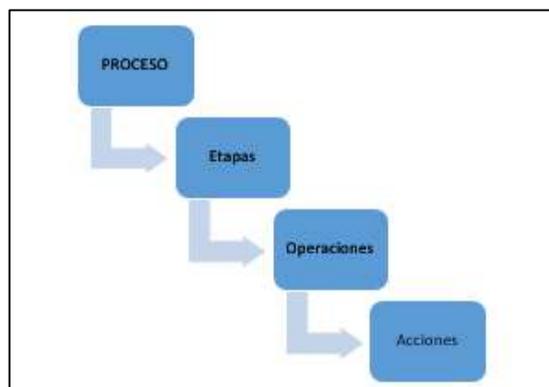


Figura 1-1: Modelo del proceso

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

1.1.1. *Control en lazo abierto*

En el control en lazo abierto las salidas del proceso no se comparan con la entrada de referencia; a cada entrada le corresponde una operación fija. La información o variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección. La precisión del control en lazo cerrado depende de su calibración previa (Ogata, 2010: pp.8-9).

Las principales ventajas de este tipo de control son:

- Es más fácil de desarrollar, ya que la estabilidad del sistema no es un parámetro importante.
- Tiene un costo menor en comparación con el control en lazo cerrado.
- No existen problemas de estabilidad.

Las principales desventajas de este tipo de control son:

- Las perturbaciones y los cambios en la calibración originan errores, y la salida puede ser diferente de lo que se desea.
- Para mantener la calidad requerida en la salida, es necesaria la recalibración de vez en cuando.

En la **Figura 2-1**: se visualiza el diagrama del control en lazo abierto

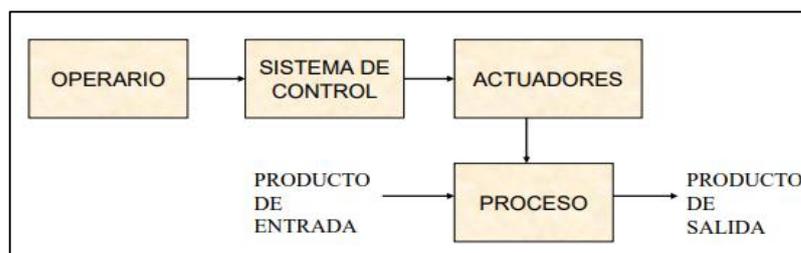


Figura 2-1: Control en lazo abierto

Fuente: Tipos de controles de un proceso, 2015

1.1.2. *Control en lazo cerrado*

El control en lazo cerrado se caracteriza por la realimentación a través de los sensores. El sistema de control conoce la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación; esto se realiza para disminuir el error y obtener los valores deseados. Los errores que comúnmente son corregidos se originan por oscilaciones de amplitud (Ogata, 2010: pp.8-9).

Las principales ventajas de este tipo de control son:

- Se cuenta con un sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema.
- Tienen acciones correctivas cuando se presentan perturbaciones y/o variaciones impredecibles en los componentes del sistema.

Sin embargo presenta algunas desventajas, a continuación se describen algunas de ellas:

- Su implementación es relativamente más complicada.
- Posee más componentes que un control en lazo abierto, lo que significa un mayor costo.
- Utiliza mayor potencia; debido al número de componentes.

La **Figura 3-1**: muestra el diagrama de control en lazo cerrado.

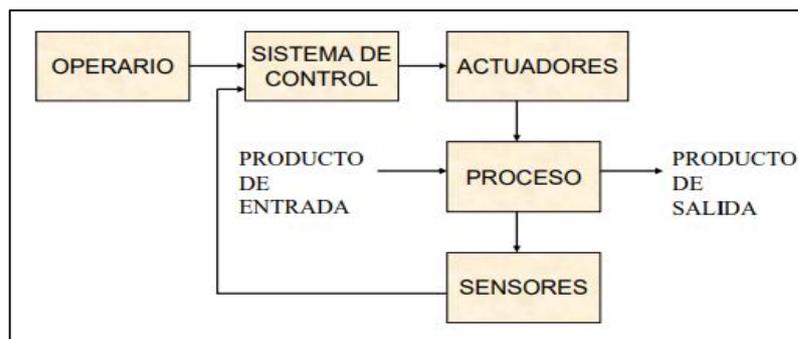


Figura 3-1: Diagrama de control en lazo cerrado

Fuente: Tipos de controles de un proceso, 2015

1.2. Sistema automatizado

Un sistema automatizado cuenta con una programación que describe información de mando y estado; de aquí se derivan las órdenes de mando enviadas a los actuadores que toman decisiones sobre el sistema, modificando su estado. Frente a un sistema manual, un sistema automatizado presenta las siguientes ventajas:

- Se minimizan los costos y tiempo dedicados al mantenimiento.
- Las instalaciones son más seguras, brindando así protección a los trabajadores.
- Mejora la calidad del trabajo, dependiendo de la eficiencia del sistema implementado.
- Se minimizan los tiempos de procesamiento de la información.
- Uso eficiente de la materia prima, es decir existe menos desperdicios en el proceso.

1.2.1. Componentes del Sistema Automatizado

Entre los principales componentes de un sistema automatizado están los transductores o emisores y los captadores o receptores de información; los preaccionamientos y los accionadores, los equipos que permiten procesar la información y la interfaz entre el hombre y la maquina conocida como HMI (Automatismos Industriales, 2008, p. 9-10).

En los siguientes apartados se agrupa a dichos componentes de una manera estructural, por ende un sistema automatizado se componen de una parte operativa y otra de control.

- **Parte Operativa:** es el conjunto de dispositivos, máquinas y/o subprocesos diseñados para realizar determinadas funciones de producción. Está formada por elementos de potencia como son: sensores, transductores analógicos y digitales, contactores y relés. Se encarga de las funciones de fabricación.
- **Parte de Control:** Formada por los elementos de procesamiento y/o mando, interfaz de comunicación y de diálogo con el operario. Cumple con las funciones de gestión de entradas/salidas, control de calidad, operaciones de supervisión, seguimiento de la producción, entre otras.

En la **Figura 4-1:** se puede visualizar el modelo estructural de un sistema de control.

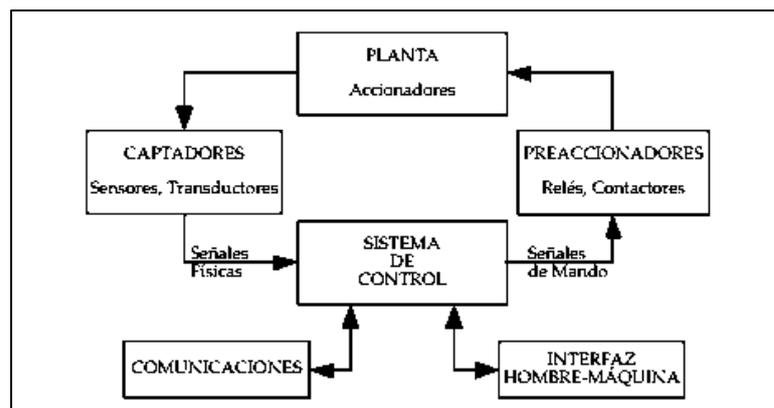


Figura 4-1: Modelo estructural de un sistema automatizado

Fuente: Automatismos Industriales, 2008

Los elementos de potencia de la parte operativa captan datos de magnitudes físicas y de cambios de estados a controlar y envían la información a la parte de control para ser procesada. La parte de control envía señales de mando a los preaccionadores; los mismos que están diseñados para el manejo de grandes potencias a partir de señales de baja potencia.

1.2.2. Clasificación tecnológica de los Sistemas de control

Los procesos automatizados actuales están formados de una gran diversidad de componentes y tecnologías; entre las más relevantes se tiene: eléctricas, neumáticas, hidráulicas, mecánicas, robóticas; entre otras. La selección de la tecnología para un sistema de control dependerá de la aplicación; por ello existe la lógica cableada y la lógica programable.

1.2.2.1. Lógica cableada

Consiste en el diseño de automatismos mediante la utilización de circuitos cableados, para lo que se emplean elementos neumáticos /oleoneumáticos, eléctricos, hidráulicos y electrónicos. Las funciones de la lógica cableada son de control, mando, señalización, protección y de potencia. Si se realiza un cambio en la instalación, por ende se modifica el cableado y los elementos de forma que cumplan las nuevas funciones (Ribas, 2017).

Actualmente la lógica cableada está siendo relegada por la lógica programada, debido a las desventajas que presenta, como son:

- Dificultad para realizar funciones complejas de control
- Tienen gran volumen y peso.
- Escasa flexibilidad frente a modificaciones.
- Reparaciones costosas.

En la **Figura 5-1**: se ilustra un diagrama de conexión con lógica cableada.

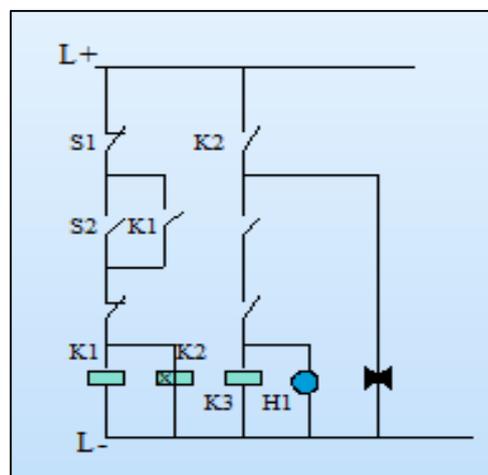


Figura 5-1: Conexión lógica cableada

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

1.2.2.2. Lógica Programada

La lógica programada es una tecnológica, en la que su principal componente es un controlador lógico programable (PLC). Tiene como objetivo sustituir la intervención de operarios en procesos que se pueden realizar de una forma automática mediante mecanismos que puedan realizar ciclos completos de operaciones de forma controlada de acuerdo a lo programado (Ribas, 2017).

Las ventajas más relevantes al implementar un sistema con lógica programada son las siguientes:

- Posee una gran flexibilidad.
- Implementación de algoritmos complejos de control de procesos.
- Comunicación y gestión.
- Arquitecturas de control distribuido.

En la **Figura 6-1:** se ilustra un diagrama de conexión con lógica programada.

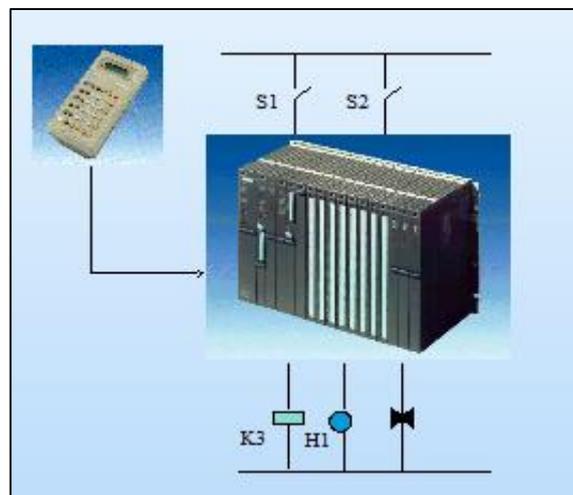


Figura 6-1: Conexión lógica programada

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

1.3. Controlador Lógico Programable

El controlador lógico programable es un equipo electrónico que realiza la ejecución de un programa en forma cíclica. En la memoria programable se almacenan las instrucciones que permiten la implementación de funciones lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el fin de controlar un proceso (Manual061 de Controlador Lógico Programable, 2014 p. 8).

El campo de aplicación de los PLC's es amplio., utilizados principalmente en instalaciones donde es de vital importancia un proceso de maniobra, control y señalización. Las ventajas principales que brinda un PLC en comparación con la lógica cableada son:

- Menor costo de mano de obra en la instalación.
- Se puede controlar varias máquinas con un solo PLC.
- Se evita el cableado extenso.
- Aumenta la fiabilidad el sistema, pues es capaz de indicar e identificar averías.
- Necesita un espacio reducido para su instalación.

1.3.1. Estructura de un Controlador Lógico Programable

La estructura externa de un controlador lógico programable se refiere a los elementos externos en donde se encuentra dividido. Está formado por la CPU, interfaces de entrada e interfaces de salida. Cada una cumple con una función específica, a continuación se describen:

- **Procesador:** es el cerebro del PLC, ya que se encarga de ejecutar el programa que controlará el sistema, administrar la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, así como también entre el microprocesador y las entradas/salidas.
- **Memoria:** es la encargada de almacenar y eliminar la información. Existen memorias de datos y de usuario; en la primera se almacenan señales de entradas y salidas, variables internas de bit y palabra, datos alfanuméricos y constantes; mientras que la segunda se guardan las instrucciones de usuario y configuración del autómata. Es aconsejable guardar la información de entradas y salidas en memorias tipo RAM, ya que son muy rápidas.
- **Interfaces de entrada:** son utilizados para conocer el estado de un entorno; como la temperatura, humedad, presión, posición, entre otras. Los dispositivos conectados pueden ser sensores, pulsadores, termocuplas, termoresistencias, entre otros.
- **Interfaces de salida:** se encargan de recibir las señales del PLC, para posteriormente cambiar las condiciones del entorno. A las interfaces de salida se pueden conectar electroválvulas, contactores de motor, indicadores luminosos, relés, entre otros.
- **Alimentación:** se encarga de energizar a los diversos circuitos del sistema. Comúnmente se alimentan de 24 Vcc, o de 110/220 Vca.

En la **Figura 7-1**: se ilustra la estructura básica de un PLC

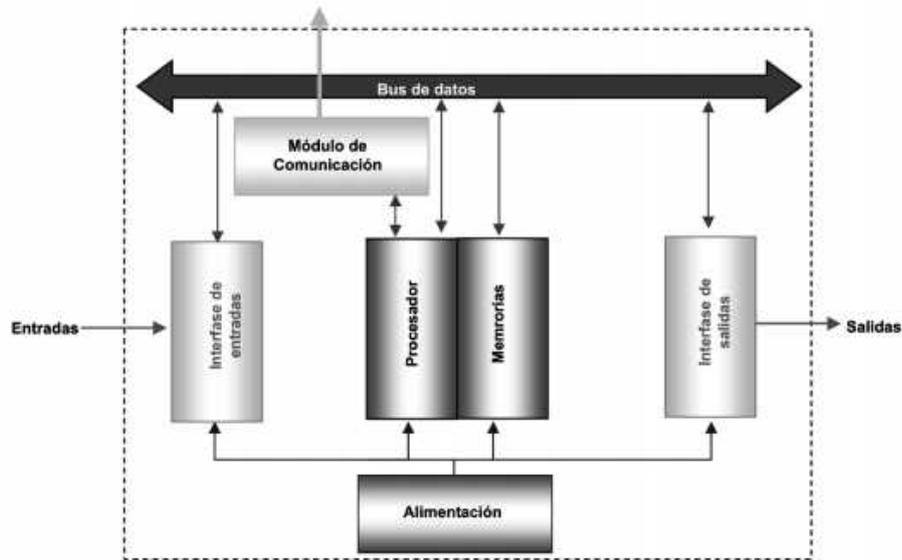


Figura 7-1: Estructura básica de un PLC

Fuente: Manual061 de Controlador Lógico Programable

1.3.2. *Funcionamiento de un Controlador Lógico programable*

El funcionamiento de un PLC es cíclico y secuencial, ya que las operaciones se ejecutan una tras otra y se repite mientras el PLC se encuentre energizado. Cada tiempo que tarda el PLC en cumplir con un ciclo se denomina tiempo de barrido o Scan Time (Manual061 de Controlador Lógico Programable, 2014 p. 24). A continuación se describe la secuencia general de funcionamiento de un PLC:

- **Autodiagnóstico:** se verifica que todos los circuitos del PLC se encuentren energizados. En caso de una anomalía el PLC emite una señal indicando el tipo de error que ha detectado.
- **Lectura del registro de entradas y creación de una imagen de las entradas en la memoria:** el PLC revisa el estado de cada entrada, para saber si encuentra activa o no; luego graba estos estados en la memoria para ser utilizada en el paso siguiente.
- **Lectura y ejecución del programa:** en base a los estados de las entradas y salidas en memoria, la CPU ejecuta el programa. La ejecución del programa se realiza instrucción por instrucción y en el orden en que se determinó. Las decisiones que toma el programa corresponden a los estados que van a tomar cada una de las salidas, estos valores son almacenados en registros para ser utilizados en la etapa final.

- Actualización del registro de salidas: renovación de todas las salidas, en forma simultánea, en función de la imagen de las mismas, obtenidas al final de la ejecución del programa.

1.3.3. Lenguajes de programación para PLC

Existen diversas formas de realizar la programación de un PLC, estos software permiten traducir el programa del usuario de un lenguaje a otro; de acuerdo a las necesidades del sistema. Según la Norma IEC 1131-3 (IEC 65) para la programación de PLC se han definido cinco lenguajes de programación:

- Gráfico secuencial de funciones (Grafcet)
- Lista de instrucciones.
- Texto estructurado.
- Diagrama de flujo.
- Diagrama de contactos o Ladder Logic.

1.3.1.1. Grafcet

El gráfico secuencial de funciones es un lenguaje gráfico que proporciona una representación en forma de diagrama de las secuencias del programa. Soporta selecciones alternativas de secuencia y secuencias paralelas. Los elementos básicos son pasos y transiciones. Es empleado para resolver problemas de automatización de forma teórica y luego convertirlo al diagrama Ladder (Manual061 de Controlador Lógico Programable, 2014 p. 46).

En la **Figura 8-1:** se muestra diagrama del lenguaje Grafcet

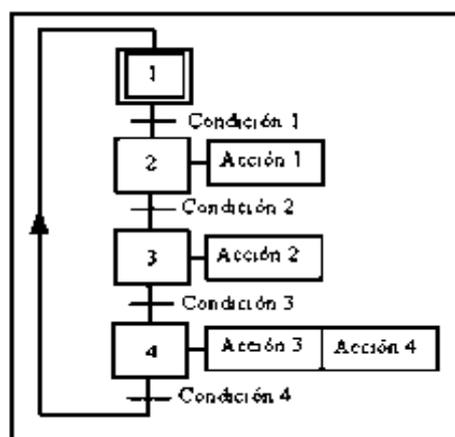


Figura 8-1: Lenguaje Grafcet

Fuente: <http://olmo.pntic.mec.es>

1.3.1.2. Lista de instrucciones

Utiliza instrucciones derivadas de las operaciones del álgebra de Boole, combinadas con otras que permiten representar funciones como temporizadores, contadores, movimientos de datos en la memoria y cálculos. Cada instrucción está formada por un código y uno o varios variables que indican la dirección de memoria sobre la que se va a trabajar (Manual061 de Controlador Lógico Programable, 2014 p. 43).

En la **Figura 9-1**: se visualiza un ejemplo del lenguaje de lista de instrucciones

000	LD	%I0.1	Bp. inicio ciclo
	AND	%I0.0	Dp. presencia vehículo
	AND	%M3	Bit autorización reloj calendario
	AND	%I0.5	Fc. alto rodillo
	AND	%I0.4	Fc. detrás pórtico
005	S	%M0	Memo inicio ciclo
	LD	%M2	
	AND	%I0.5	
	OR	%I0.2	Bp. parada ciclo
	R	%M0	
010	LD	%M0	
	ST	%Q0.0	Piloto ciclo

Figura 9-1: Lenguaje de Lista de instrucciones

Fuente: <http://olmo.pntic.mec.es>

1.3.1.3. Texto estructurado

El texto estructurado (ST) es un lenguaje de alto nivel estructurado por bloques. El ST se emplea para realizar sentencias complejas que manejen variables de diferentes tipos de datos, ya sean valores analógicos o digitales. Permite especificar tipos de datos para el manejo de horas, fechas y temporizaciones, para así tener un mejor monitoreo del proceso industrial.

El lenguaje utiliza bucles como REPEAT UNTIL, ejecuciones condicionales como IF-THEN-ELSE y funciones como SQRT y SIN (Manual061 de Controlador Lógico Programable, 2014 p. 46).

1.3.1.4. Diagrama de funciones

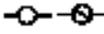
El diagrama de funciones (FBD) es un lenguaje gráfico que permite programar elementos que aparecen como bloques para ser cableados entre sí de forma análoga al esquema de un circuito. El FBD se utiliza en aplicaciones con flujo de información o datos entre componentes de control, se emplean puertas lógicas (Manual061 de Controlador Lógico Programable, 2014 p. 46).

1.3.1.5. Ladder

El lenguaje Ladder está compuesto por líneas verticales que representan las líneas de alimentación, mientras que las líneas horizontales contienen los cableados, los arreglos de contactos y las bobinas de relés. Este lenguaje es sencillo de usar para diseñar programas en el PLC.

Los símbolos básicos del Ladder están normalizados según NEMA y son empleados por todos los fabricantes. A continuación en la **Tabla 1-1**: se muestra los principales símbolos utilizados en el lenguaje Ladder.

Tabla 1-1: Simbología del lenguaje Ladder

Conexión Física	Simbología
Contacto normalmente abierto (NO)	
Contacto normalmente cerrado (NC)	
Bobinas de relés	

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

1.3.4. Software de programación para PLC

En el mercado existen un sinnúmero de Software aplicados a la programación de PLC; por lo general cada empresa cuenta con su propio entorno de programación para sus controladores. En el caso de Siemens para sus controladores tanto compactos como modulares, utilizan el software denominado Tia Portal.

1.3.4.1. Tia portal

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Ofrece un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento. El TIA Portal incorpora versiones como: SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación (w5.siemens.com).

STEP 7 Basic: esta versión está enfocada a la configuración y programación de los controladores SIMATIC S7-1200 y los paneles de la Gama HMI Basic Panels. Soporta lenguajes de programación LAD, FDB y SCL.

SIMATIC STEP 7 Profesional: está enfocado a la configuración y programación de los controladores SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400, S7-1500 y WinAC. Los lenguajes de programación soportados son LAD, FBD, SCL, STL y S7-GRAPH. Permite un diagnóstico en línea del sistema y la configuración del PLC y conexión en red para los componentes del sistema automatizado. Brinda los siguientes beneficios:

- Tiempos de ingeniería reducidos gracias a innovadoras innovaciones en el lenguaje de programación, funciones integradas y configuración gráfica
- Puesta en marcha rápida con una localización eficiente de errores gracias al diagnóstico integrado del sistema, rastros en tiempo real y funciones en línea de alto rendimiento
- Cortos tiempos de inactividad gracias al fácil mantenimiento y diagnóstico remoto con servidor web y teleservicio.
- Seguridad de inversión con componentes reutilizables, bibliotecas y compatibilidad

1.3.5. Controlador SIMATIC S7-1200

El controlador SIMATIC S7-1200 cuenta con una interfaz Ethernet / PROFINET integrada, para una mayor flexibilidad de configuración y más velocidad. Tiene un diseño compacto, de bajo costo y con un amplio juego de instrucciones. 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 (Manual Simatic S7 Controlador programable s7-1200, 2009, p. 11).

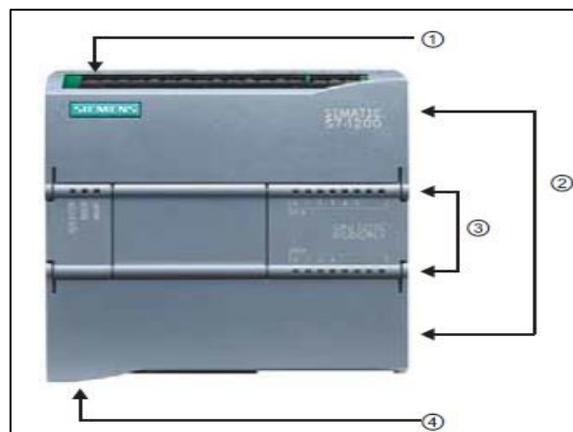


Figura 10-1: Simatic PLC S7-1200

Fuente: Manual Simatic S7 Controlador programable

A continuación se describen los componentes del PLC S7-1200 mostrados en la **Figura 10-1**:

- ① Conector de corriente.
- ② Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ② Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- ③ LEDES de estado para las E/S integradas
- ④ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

El PLC S7-1200 tiene una CPU que puede ser: DC/DC/DC, AC/DC/relé y DC/DC/relé. En la **Tabla 2-1**: se describen las especificaciones técnicas del PLC S7-1200 con CPU AC/CD/relé, en base a la hoja de especificaciones del **ANEXO A**.

Tabla 2-1: Especificaciones técnicas del PLC S7-1200 con CPU AC/DC/relé

PLC S7-1200 con CPU AC/DC/relé	
Parámetro	Especificación
Consumo de corriente (bus SW)	80mA
Consumo de corriente (24 V DC)	60mA
Memoria de trabajo	60 KB
Memoria de carga	2 MB
Memoria remanente	2 KB
Entradas digitales a 24V DC	14
Salidas digitales a relé 0,5 A	10
Entradas analógicas de tensión de 0a 10 V	2
Ampliación con módulos de señales	8
Contadores rápidos	6
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

1.4. Protocolos Industriales de Comunicación

Los protocolos de comunicación son utilizados para la integración de equipos y control de variables de un proceso, mediante redes digitales, bidireccionales y multipunto, a las que se les denominan buses de campo. El objetivo de un bus de campo es reemplazar las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control.

En los siguientes apartados se describen los principales protocolos de comunicación empleados en procesos industriales.

1.4.1. Profinet

Profinet es un protocolo para la conexión en red de sensores, actuadores, subsistemas, unidades de producción, PLC de un sistema automatizado. Está basado en ethernet y utiliza el protocolo TCP/IP que permiten la integración de los sistemas de bus de campo. Es un protocolo estandarizado bajo la norma IEC 61158 e IEC 61784 (Orozco, 2015, p. 55).

Las principales ventajas de la implementación de este protocolo son:

- Arquitecturas altamente escalables.
- El acceso a los dispositivos de campo en la red.
- Mantenimiento y servicio desde cualquier lugar, incluso a través de Internet.
- Costos más bajos para el monitoreo de datos de producción / calidad.

1.4.2. Profibus

Profibus es un bus de campo abierto y universal que permite la comunicación rápida con los dispositivos periféricos descentralizados inteligentes, la comunicación y alimentación simultánea de transmisores y actuadores. Es un protocolo de comunicación unificado y de múltiples perfiles de aplicación como el PA Devices, PROFIsafe, PROFIdrive, E/S remotas. PROFIBUS es el único bus de campo que puede aplicarse tanto en la industria de la manufactura como en la industria de procesos (Orozco, 2015, p. 33-34).

1.4.3. Fieldbus

Fieldbus es un protocolo de comunicación digital para redes industriales. Puede comunicar grandes volúmenes de información, por lo que es utilizado en aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización. Está orientado principalmente a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Los dispositivos de campo son alimentados a través del bus Fieldbus cuando la potencia requerida para el funcionamiento lo permite (Orozco, 2015, p. 37).

1.4.4. Universal Serial Interface (USS)

El protocolo USS es un protocolo de transmisión en serie poco complejo, diseñado y elaborado por la empresa Siemens AG. Utiliza una técnica de acceso según el principio maestro- esclavo para la comunicación a través de un bus en serie, así como también la comunicación punto a

punto. El maestro selecciona cada uno de los esclavos a través de una dirección. No es posible la comunicación directa entre esclavos (Comunicación / USS). Las características principales son:

- Técnica de acceso maestro / esclavo.
- El número de esclavos máximo es de 31.
- Aplicable para puesta en marcha, servicio de asistencia y automatización.
- De fácil incorporación a sistemas específicos del cliente.

1.4.5. Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación industrial, que se caracteriza por su facilidad de implementación y flexibilidad en los sistemas de automatización y control. Permite transmitir información entre distintos equipos electrónicos conectados a un mismo bus. Existiendo en dicho bus un solo dispositivo maestro y varios equipos esclavos conectados (<http://www.infoplc.net>).

Modbus cuenta con dos modos de transmisión para las estructuras de las unidades de información que forman el mensaje:

- **ASCII:** El sistema de codificación es hexadecimal y cada carácter consta de 1 bit de inicio, 7 bits de codificación de los datos, 1 bit de paridad y 1 o 2 bits de parada; por ende cada carácter tiene un total de 9 a 11 bits.
- **RTU:** El sistema de codificación es binario y cada carácter consta de 1 bit de inicio, 8 bits de codificación de los datos, 1 bit de paridad (opcional) y 1 o 2 bits de parada, o sea, un total de 10 a 12 bits por carácter. Los dispositivos Modbus usan interfaces serie compatibles con RS-232C y RS-485, siendo el bus capaz de transferir datos a velocidades de 19'2 Kbps y alcanzar distancias de 1 Km (<http://www.infoplc.net>).

1.5. Interfaz Hombre –Máquina (HMI)

La interfaz Hombre Máquina o más conocida como HMI, es la interacción del hombre con los diversos dispositivos que conforman un sistema; mediante dispositivos computacionales. Se utilizan para identificar objetos, acciones, entre otros; se puede apreciar las características de un objeto como son: tipo, estructura y funciones.

Las principales funciones del HMI son: Monitoreo, Supervisión, Alarmas, Control e Históricos.

1.5.1. Software para la programación del HMI

EL software de programación de HMI tiene la función de actualizar los valores de las variables en la pantalla. Está formado por un conjunto de programas enfocados al diseño, además de archivos para configurar el sistema. Existe una gran variedad de software para HMI, entre los más importantes se tiene: ProTool, InTouch, Lokout.

En el presente proyecto se utilizó el software para la programación de la HMI.

En la **Figura 11-1:** se muestra la Estructura general del software HMI; con el editor de diseño se crea prototipos de pantallas para visualización de datos del proceso; los mismos que son guardados en los archivos de pantalla, para finalmente ser visualizados.

La interfaz hombre es el programa que actualiza las variables de la base de datos. La base de datos es la memoria donde se almacenan los datos requeridos por el proceso., que varían de acuerdo en el tiempo. El driver maneja los protocolos de comunicación entre el HMI y los dispositivos de campo. Los bloques reciben y envían información a los drivers (Introducción al HMI, 2012, p.3-4).

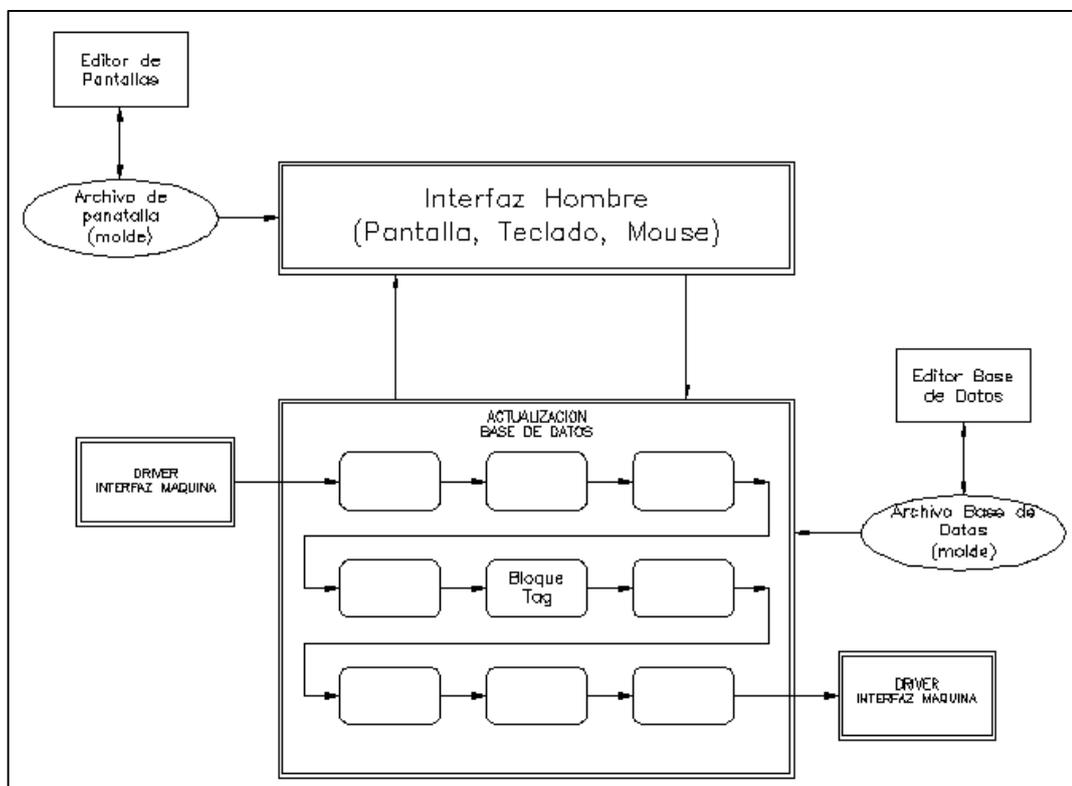


Figura 11-1: Estructura general del software HMI

Fuente: Introducción al HMI, 2012

1.5.2. SIMATIC HMI KTP400 BASIC

El Touch Panel KTP400 pertenece a la familia Simatic HMI, es un apantalla táctil que se emplea como interfaz hombre-máquina; brindando un monitoreo eficiente y confiable. Las características principales del Touch Panel KTP400 Basic, se describen a continuación:

- **Calidad de proceso mejorada:** La visualización permite un proceso considerablemente mayor calidad con aplicaciones grandes o pequeñas.
- **Pantallas panorámicas de alta resolución:** cuentan con una resolución de 4 “a 12”. Estos también admiten la configuración vertical. Tiene una profundidad de color de 64.000 colores. El brillo de las pantallas es regulable hasta el 100% (Simatic HMI Panels, 2015, p. 6).
- **Interfaz gráfica de usuario innovadora:** La nueva interfaz de usuario innovadora ofrece una gran variedad en términos de experiencia y operación.
- **Mayor facilidad de uso:** La nueva interfaz USB facilita la conexión de teclado, ratón o escáner de código de barras y soporta archivo de datos en una memoria USB.
- **Interacción perfecta:** Gracias a una interfaz PROFIBUS o PROFINET, permite la conexión con varios PLC (Simatic HMI Panels, 2015, p. 6).
- **Software de programación:** está diseñado en el Portal TIA

La **Figura 12-1:** muestra la estructura del panel KTP400 Basic; con las siguientes partes:

- ① Escotaduras para las mordazas de fijación.
- ② Display/Pantalla táctil.
- ③ Junta de montaje.
- ④ Guía para las tiras rotulables.
- ⑤ Teclas de función.
- ⑥ Conexión para tierra funcional.
- ⑦ Interfaz PROFINET.
- ⑧ Conexión para la fuente de alimentación.
- ⑨ Placa de características.
- ⑩ Nombre del puerto.

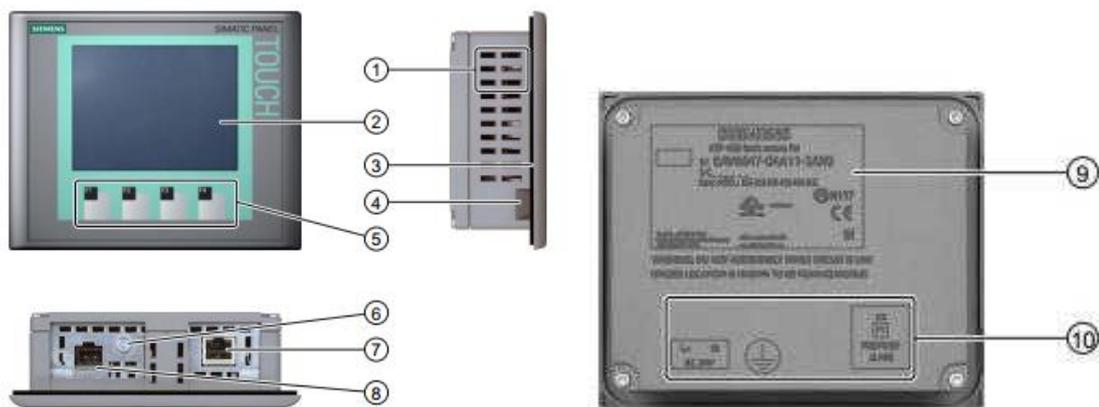


Figura 12-1: Estructura de KTP700 Basic

Fuente: SIEMENS- Paneles de operador Basic Panels 2nd Generation

En la **Tabla 3-1:** se describen las características técnicas del Touch Panel KTP400, en base a la ficha técnica del **ANEXO B.**

Tabla 3-1: Características técnicas del Touch Panel KTP400

Parámetro	Especificación
Tensión nominal	24 VDC
Tipo de pantalla	4''-TFT
Resolución	480x 272 pixeles
Regulación de brillo	si
Teclas de función	4
Memoria de datos	10 MB
Sistema de alarma	En tiempo real
Interfaces	RS 485, Ethernet RJ45 , USB
Consumo de corriente	(125 a 310) mA
Número de colores	65536
Respuesta acústica	Si
Reloj en tiempo real respaldado	Si

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

1.6. Software NI Labview

NI LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico diseñado para desarrollar aplicaciones de pruebas, control y medidas. Permite diseñar, generar prototipos y desplegar sistemas embebidos. Combina la programación gráfica abierta con hardware para simplificar el desarrollo de un sistema HMI (National instruments, [ww.ni.com](http://www.ni.com)). LabVIEW brinda la flexibilidad de un potente lenguaje

de programación sin la complejidad de los entornos de desarrollo tradicionales, a continuación se describen las principales ventajas de su uso:

- Fácil de Aprender y Usar.
- Funcionalidad Completa.
- Capacidades de E/S Integradas.

1.6.1. Componentes NI LabView

NI LabView contiene una extensa variedad de herramientas para adquirir, analizar, visualizar y almacenar datos, así como herramientas para ayudarle a solucionar problemas en el código que escriba. Cuando se crea un nuevo VI, se tiene dos ventanas: la ventana del panel frontal y el diagrama de bloques.

- **Panel Frontal:** Cuando abre un VI nuevo o existente, aparece la ventana del panel frontal del VI. La ventana del panel frontal es la interfaz de usuario para el VI. La **Figura 13-1:** muestra un ejemplo de una ventana del panel frontal (National instruments, ww.ni.com)..

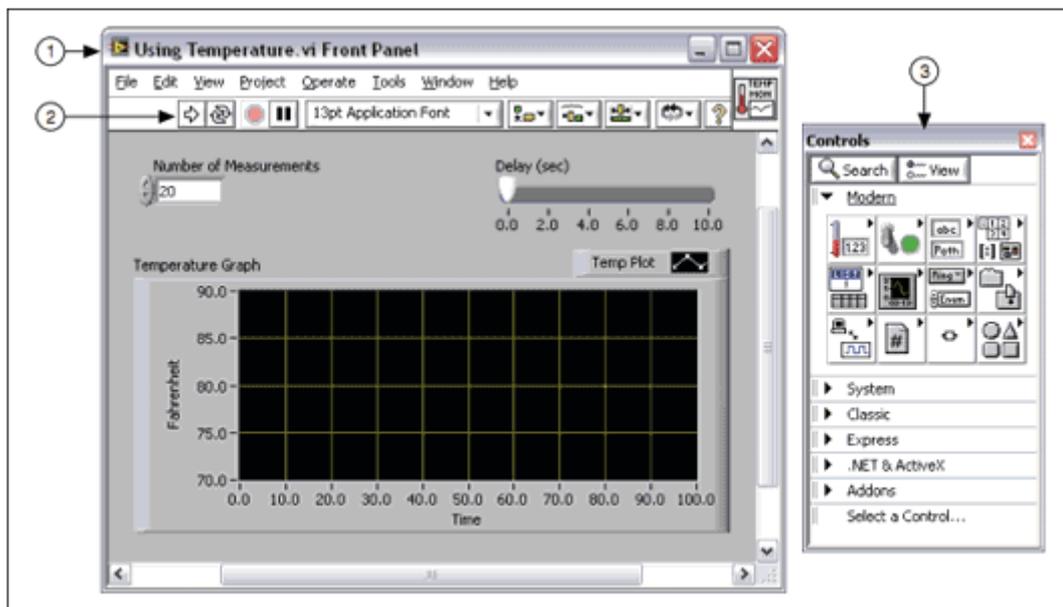


Figura 13-1: Ventana del Panel Frontal, Barras de Herramientas y Paleta de Controles

Fuente: www.ni.com/academic/students/learnlabview

- **Paleta de Controles:** La paleta de Controles contiene los controles e indicadores que utiliza para crear el panel frontal. Puede tener acceso a la paleta de Controles de la ventana del panel frontal al seleccionar View»Controls Palette o al dar clic con botón derecho en

cualquier espacio en blanco en la ventana del panel frontal. La paleta de Controles está dividida en varias categorías; puede exponer algunas o todas estas categorías para cumplir con sus necesidades (National instruments, www.ni.com). La **Figura 14-1:** muestra la paleta de Controles con todas las categorías expuestas y la categoría Moderna expandida.

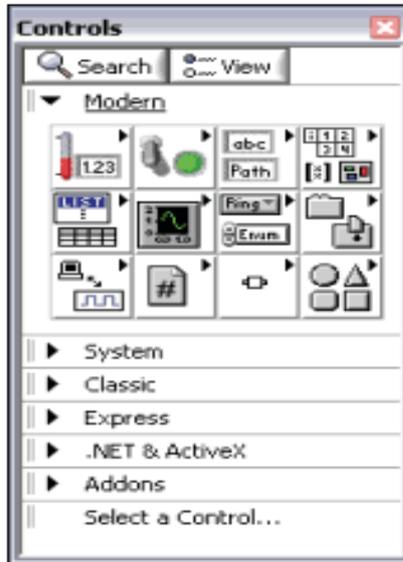


Figura 14-1: Paleta de Controles

Fuente: www.ni.com/academic/students/learnlabview

1.7. Actuadores

Los actuadores son dispositivos encargados de poner en movimiento a otros dispositivos a través de fuerzas que provienen de la presión neumática, presión hidráulica o fuerza motriz eléctrica. Los actuadores pueden ser lineales o rotatorios. Los lineales generan una fuerza en línea recta, mientras que los rotatorios generan una fuerza rotatoria como un motor eléctrico.

1.7.1. Motor eléctrico trifásico

El motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica. Su funcionamiento está basado en los arrollamientos de las tres fases del motor, por las cuales atraviesa la corriente, generando un campo electromagnético que induce la corriente en las barras del rotor.

Los motores trifásicos se conectan a las tres líneas de distribución R, S, T; de tal manera que la tensión nominal del motor coincida con la tensión en la red de distribución. La **Figura 15-1:** se visualiza las tres partes principales de un motor trifásico.

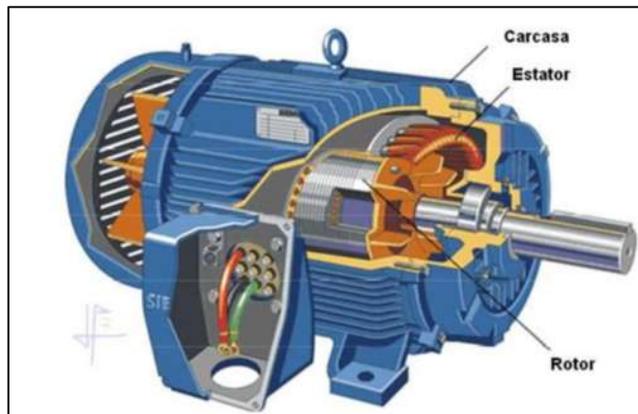


Figura 15-1: Partes de un motor trifásico

Fuente: <http://www.monografias.com>

1.7.2. Luz piloto

La luz piloto es un dispositivo que permite mostrar el estado o condición de un sistema o dispositivo en particular. Indican que el proceso se está llevando a cabo sin ningún tipo de inconvenientes. Para el presente proyecto se utilizó para indicar que la máquina se encuentra en marcha en cada etapa del proceso de faenamiento. La **Figura 16-1:** se muestra una luz piloto.



Figura 16-1: Luz piloto

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

1.7.3. Pulsador

Un pulsador es un dispositivo electrónico que permite o interrumpe el paso de la corriente, mediante el accionamiento del botón. También se puede realizar un enclavamiento con el pulsador, es decir que no será necesario mantener pulsado el botón para que la corriente siga fluyendo en el circuito.

La **Figura 17-1:** se visualiza un pulsador.



Figura 17-1: Pulsador

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

1.8. Elementos de protección

Los elementos de protección son los encargados de brindar salvaguardar a los circuitos eléctricos y electrónicos de un sistema; de posibles sobrecorrientes, sobrevoltajes y sobrecargas, interrumpiendo el paso de corriente. Son elementos de vital importancia en la instalación de un sistema eléctrico; ya que sin ellos los equipos quedarían completamente desprotegidos y el operario podría sufrir accidentes. Los dispositivos de protección más utilizados son: breakers, fusibles, relés térmicos, relé térmico diferencial.

1.8.1. Breaker

El breaker o también conocido como disyuntor, es un dispositivo de protección capaz de interrumpir la corriente eléctrica en un circuito, cuando esta excede el valor nominal según la característica del breaker. Cuando existe un exceso de corriente la lámina se deforma y el electroimán desconecta el circuito.

La **Figura 18-1:** Se visualiza el Breaker 10KA/230VAC



Figura 18-1: Breaker 10KA/230VAC

Fuente: GARCÍA, Richard, 2017

1.8.2. Relé térmico diferencial

El relé térmico es un dispositivo eléctrico, que basa su funcionamiento en la diferencia de la curvatura de los tres bimetales al fallar una fase, entre mayor sea la curvatura más rápido se producirá la apertura del circuito de mando. Es principalmente utilizado para la protección de motores trifásico.

Después de un disparo por sobrecarga del relé térmico diferencial, es necesario esperar un tiempo prudente hasta que se enfríen las placas metálicas para

La **Figura 19-1:** se visualiza el relé térmico diferencial utilizado para la protección de cada una de las máquinas de faenamiento



Figura 19-1: Relé térmico MT-32/32K

Fuente: <http://www.aea.com.ar>

Basadas en la ficha técnica del **ANEXO C**, se describen las características eléctricas más relevantes:

- Estilo de protección: bimetálico.
- Protección de corriente diferencial: SI
- Protección por falta de fase: SI
- Conexiones de contactos principales: Tornillo M4
- Conexiones contactos auxiliares: Tornillo M 3,5
- Sección del cable en la carga: 18 AWG
- Torque: 2.3 Nm

1.8.3. Contactor

El contactor es un elemento eléctrico de mando, se encarga de ejecutar maniobras de apertura y cierre de circuitos, en los que generalmente se encuentran conectados motores. Está formado por una bobina y un juego de contactos. La bobina es un electroimán que acciona los contactos cuando se encuentra energizada, es decir cambia de estado a los contactos. Los contactos pueden ser normalmente cerrado o normalmente abiertos.

La **Figura 20-1**: ilustra el contactor MC de 32A, instalado en el gabinete de control.



Figura 20-1: Contactor MC 32A.

Realizado: GARCÍA, Richard, 2017

1.9. Conductores

El conductor permite el paso de la corriente a través de un circuito ya que presente poca resistencia al movimiento de la carga. Los metales que mejor conducción eléctrica tienen son: cobre, hierro, plata, aluminio y sus aleaciones, oro. Muchos de estos metales son costosos como el oro, por lo que en la industria el material utilizado para la fabricación de cables es el cobre.

Los conductores difieren en sus presentaciones en el número de cables por conductor, el material del que está hecho, el aislamiento, puede ser rígido o flexible.

Previo a la instalación de un sistema eléctrico, es necesario realizar el dimensionamiento de los conductores a utilizar; ya que en caso de seleccionar el incorrecto existe el riesgo de que el sistema no funcione correctamente.

En la **Figura 21-1**: se puede observar el cable #16 AWG, empleado en la conexión del sistema implementado.



Figura 21-1: Conductor de cobre

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

Para el proceso de diseño e implementación del presente trabajo de titulación denominado: Repotenciación del sistema eléctrico de control de los procesos con lógica programada de la línea de faenamiento bovino y porcino del camal Municipal Riobamba, se aplicaron varios métodos de investigación.

El método de análisis y síntesis se utilizó para recolectar información del estado de los diferentes elementos de la línea de faenamiento; así como también para un análisis correcto en la selección de dispositivos a repotenciar; pues es necesario analizar cada uno de los componentes, para posteriormente agruparlos y formar un sistema óptimo.

Con la ayuda del método heurístico que está basado en el uso de normas y conocimientos empíricos, se realizó la programación del PLC que controla los motores de las máquinas de la línea de faenamiento del Camal Municipal Riobamba.

Para obtener los resultados deseados se realizaron pruebas a cada uno de los motores, así como también se comprobó los datos mostrados en el HMI mediante el método experimental.

2.1. Camal Municipal de la Ciudad de Riobamba

El Camal Municipal de Riobamba es una empresa pública sin fines de lucro creada en 1978, cuyo fin es servir a la comunidad en el desposte y faenamiento de ganado ovinos, bovinos y porcinos de la provincia de Chimborazo y de sus alrededores. El presente proyecto de titulación se basa en la evaluación del estado de los elementos instalados, para la reposición y repotenciación de las máquinas de la línea de faenamiento.

Misión: Ofrecer un lugar adecuado para el desposte y faenamiento de ganado bovino, ovino y porcino, garantizando la calidad de sus servicios respecto al control veterinario, matanza, faenamiento, refrigeración, pesaje, transporte, comercialización de subproductos, ganado en pie, corrales de reposo, lavado de vísceras, parqueadero y embarque a más de los que sean determinados por la administración municipal para la provisión de carne y vísceras higiénicamente procesada y apta para el consumo humano, cumpliendo con las normas,

disposiciones, reglamentos, estándares, requisitos sanitarios y calidad determinados por el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA) (Vega, 2016, p. 50-52).

Visión: Convertirse en una institución competitiva por cumplir con todos los requerimientos para el funcionamiento, faenamiento y procesamiento de carne y vísceras de ganado bovino, caprino, ovino y porcino, a fin de brindar servicios de calidad en base a la eficiencia de procesos y eficacia de resultados para de esa manera contribuir positivamente al desarrollo económico de este sector productivo y de la salud alimenticia de los consumidor de carne y vísceras (Vega, 2016, p. 50-52).

2.1.1. Localización

El Camal Municipal de Riobamba se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo, parroquia Maldonado, en la vía que lleva a la población de Chambo a la altura del km 1 entre la Avda. Leopoldo Freire y la Avda. Circunvalación.

En la **Figura 1-2:**Se observa la localización del Camal de Riobamba mediante una vista satelital.

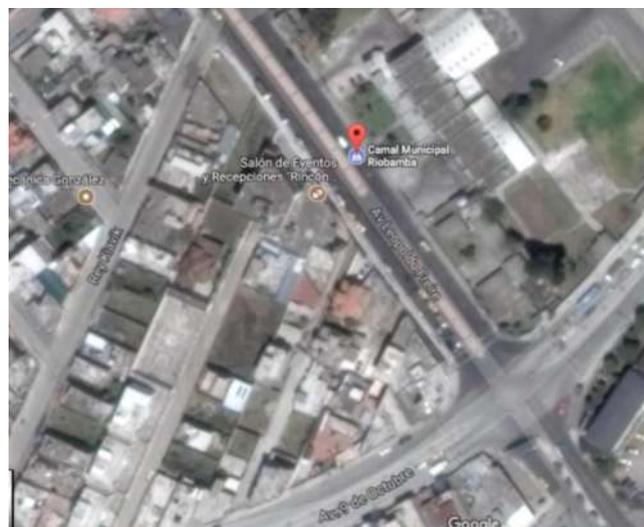


Figura 1-2:Localización

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.1.2. Descripción de las líneas de faenamiento

En este apartado se describen las 6 etapas de la línea de faenamiento; en cada una se encuentra instalada una máquina encargada de cumplir una función específica para el faenamiento y desposte de del ganado. A continuación se describe cada una de ellas:

- **Grúa de plataforma 1 ton:** con capacidad de carga de $\frac{1}{2}$ a 1 tonelada y un alcance horizontal de 6 metros. Estas son empleadas durante el proceso para elevación y transporte de carga, considerándose a los porcinos como carga desde la zona de aturdimiento hacia el caldero de escaldado. En la Figura 2-2: Se muestra la grúa de plataforma 1 ton.



Figura 2-2: Grúa de plataforma 1 Ton

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- **Grúa tambor para izaje:** con una capacidad de carga máxima de $\frac{1}{2}$ a 1 tonelada, velocidad de 32 ft/min. Se emplean para levantar cargas como compuertas, anclaje de bovinos hacia el trole transportador y plataforma de 55 transferencias, se eleva hasta una altura máxima de 6 metros sobre el piso. La **Figura 3-2:** muestra la grúa tambor para izaje.



Figura 3-2: Grúa para izaje

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- **Grúa para descuerado CM:** de accionamiento mixto hidráulico y neumático con una carga máxima de 320 kg, con elevación hasta 6 metros, presión de trabajo de plataformas de 85 psi. Se emplean para trabajos en alturas de los trabajadores para los procesos de desprendimiento de piel, eviscerado, despresado y limpieza. La **Figura 4-2:** muestra la grúa para descuerado CM.



Figura 4-2:Grúa para descuerado CM

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- **Sierra eléctrica cortadora de esternón:** se emplea para cortar el bovino y extraer las vísceras. La **Figura 5-2:** muestra la sierra eléctrica cortadora de esternón



Figura 5-2:Sierra eléctrica cortadora de esternón

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- **Sierra eléctrica cortadora de canal:** se emplea para despresado del bovino. La **Figura 6-2:** muestra la sierra eléctrica cortadora de canal.

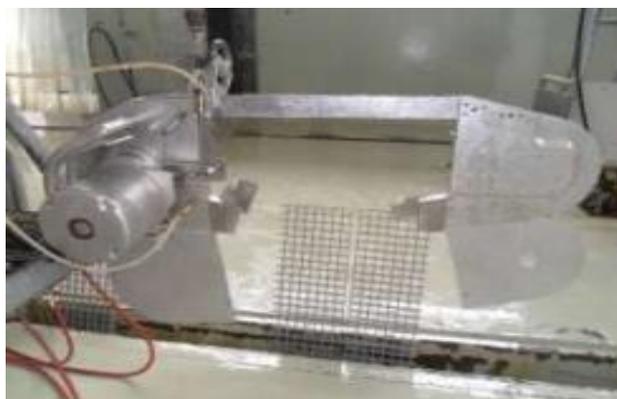


Figura 6-2:Sierra eléctrica cortadora de canal

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- **Bomba multietapa para lavado de canal:** se emplea para surtir agua a presión para la limpieza del canal. La **Figura 7-2:** se muestra Bomba multietapa.



Figura 7-2:Bomba multietapa para lavado de canal

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.1.3. Evaluación de los equipos instalados

Previo a la selección de los equipos idóneos a utilizar en la repotenciación de la línea de faenamiento; fue necesario conocer el estado de cada elemento que se encontraban previamente instalados; para subdividirlos en dos grupos: obsoletos y no obsoletos.

En la **Tabla 1-2:** se muestra la evaluación de los equipos instalados previo a la ejecución del proyecto de repotenciación.

Tabla 1-2: Evaluación de los equipos instalados

EQUIPO	TIEMPO DE USO	ESTADO DEL EQUIPO	
		Obsoleto	No Obsoleto
Relés térmicos	10 años	X	
Breakers	20 Años	X	
Pulsadores	10 Años	X	
Contactores	20 años	X	
Conductores	20 Años	X	
Protecciones cerámicas	30 Años	X	
Gabinete metálico	30 años	X	

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

Una vez conocidos las condiciones en las que se encuentran los equipos se procedió a reemplazar los que han sido calificados como obsoletos. Así como también a seleccionar los equipos faltantes para la repotenciación del sistema eléctrico.

2.2. Dimensionamiento de los conductores

Previo al dimensionamiento de los conductores es necesario calcular la corriente que consume cada máquina de la línea de faenamiento. Como dato inicial se conoce la potencia instantánea de cada una de ellas, descritas en la **Tabla 2-2:**.

Tabla 2-2: Cargas a manejarse con sus respectivas potencias.

ÍTEM	MÁQUINA	CARGA
1	Grúa de plataforma 1 ton	1 HP
2	Grúa tambor para izaje	7,5 HP
3	Grúa para descuerado CM	2 HP
4	Sierra eléctrica cortadora de esternón	2 HP
5	Sierra eléctrica cortadora de canal	3 HP
6	Bomba multietapa para lavado de canal	7,5 HP

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

CÁLCULO DE CORRIENTES: Para conocer la corriente que consume cada máquina se empleó la **Ecuación 1-2:**.

Ecuación 1-2: Relación de potencia instantánea

$$P = V \cdot I$$

Despejando la corriente se tiene que:

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

- **Grúa de plataforma 1 ton**

$$P = 1 \text{ HP} = 745,7 \text{ w}$$

$$I = \frac{745,7[\text{w}]}{220[\text{v}]}$$

$$I = 3,4 \text{ [A]}$$

- **Grúa tambor de izaje**

$$P= 7,5 \text{ HP} = 5592,75 \text{ w}$$

$$I = \frac{5592,75[\text{w}]}{220[\text{v}]}$$

$$I=25,4 \text{ [A]}$$

- **Grúa para descuerado CM**

$$P= 2 \text{ HP} = 1491,4 \text{ w}$$

$$I = \frac{1491,4[\text{w}]}{220[\text{v}]}$$

$$I=6,8 \text{ [A]}$$

- **Sierra eléctrica cortadora de esternón**

$$P= 2 \text{ HP} = 1491,4 \text{ w}$$

$$I = \frac{1491,4[\text{w}]}{220[\text{v}]}$$

$$I=6,8 \text{ [A]}$$

- **Sierra eléctrica cortadora de canal**

$$P= 3 \text{ HP} = 2237,1 \text{ w}$$

$$I = \frac{2237,1 [\text{w}]}{220[\text{v}]}$$

$$I=10,1 \text{ [A]}$$

- **Bomba multietapa para lavado de canal**

$$P= 7,5 \text{ HP} = 5592,75 \text{ w}$$

$$I = \frac{5592,75[\text{w}]}{220[\text{v}]}$$

$$I = 25,4 \text{ [A]}$$

En la **Tabla 3-2:** se muestra el resultado de las corrientes calculadas para cada máquina de la línea de faenamiento.

Tabla 3-2: Corriente calculada para cada máquina.

ÍTEM	MÁQUINA	CARGA / CORRIENTE
1	Grúa de plataforma 1 ton	3,4 [A]
2	Grúa tambor para izaje	25,4 [A]
3	Grúa para descuerado CM	6,8 [A]
4	Sierra eléctrica cortadora de esternón	6,8 [A]
5	Sierra eléctrica cortadora de canal	10,1 [A]
6	Bomba multietapa para lavado de canal	25,4 [A]

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

Dimensionamiento de cables: Una vez conocida la corriente que consume cada máquina se dimensiona el cable a utilizar, mediante la tabla de calibres de conductores AWG que se visualiza en la **Figura 8-2:**

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Figura 8-2: Amperaje que soportan los cables de cobre

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

En la **Tabla 4-2:** se muestra el cable seleccionado para las máquinas de la línea de faenamiento.

Tabla 4-2: Conductores empleados en cada máquina

ÍTEM	MÁQUINA	AWG / CORRIENTE	AWG SOBREDIMENSIÓN
1	Grúa de plataforma 1 ton	14 [AWG]	12 [AWG]
2	Grúa tambor para izaje	10 [AWG]	8 [AWG]
3	Grúa para descuerado CM	14 [AWG]	16 [AWG]
4	Sierra eléctrica cortadora de esternón	14 [AWG]	12 [AWG]
5	Sierra eléctrica cortadora de canal	14 [AWG]	12 [AWG]
6	Bomba multietapa para lavado de canal	10 [AWG]	8 [AWG]

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.3. Dimensionamiento de protecciones

Los fusibles y los interruptores termomagnéticos son las protecciones que se utilizan en las instalaciones eléctricas para proteger el cable o la carga que están alimentado y es de suma importancia mantenerlos en buen estado para lograr un funcionamiento óptimo de la instalación eléctrica. Por lo que se deben calcular para una sobre carga de corriente aunque estos datos se pueden obtener de tablas y manuales, es muy importante poder determinarlos de una forma analítica para lo cual se utilizan los siguientes métodos.

Cálculo de protecciones: Para efectuar el cálculo de las protecciones se utiliza la corriente nominal o a plena carga la cual puede ser calculada o tomada directamente de las tablas que proporcionan las hojas de especificaciones de los elementos y se aplican las siguientes ecuaciones.

Cálculo de la corriente de protección con fusibles: para el cálculo de la corriente de protecciones se empleó la **Ecuación 2-2:**

Ecuación 2-2: Corriente de protección de fusibles

$$I_F = k * I_N$$

Dónde:

I_F = corriente de protección de los fusibles

K = constante de protección la cual se toma en el rango de 1.8 a 2.1

I_N = corriente nominal o a plena carga

Calculo de la corriente de protección: para el cálculo de la corriente de protecciones se empleó la **Ecuación 3-2:**

Ecuación 3-2: Corriente de protección

$$I_P = C * I_N$$

Dónde:

I_P = corriente de protección

C = constante de protección la cual se toma en el rango de 2 a 3

I_N = corriente nominal o a plena carga

Las constantes **k** y **n** se toman en porcentaje a los valores de **I_F** e **I_P** y se deben aproximar al valor inmediato superior comercial que se fabrique.

En la **Tabla 5-2:** se muestra los relés termomagnéticos seleccionados para la protección de las máquinas de la línea de faenamiento.

Tabla 5-2: Dimensionamiento de fusibles (k=1.8)

ÍTEM	MÁQUINA	CORRIENTE	DISYUNTOR
1	Grúa de plataforma 1 ton	3,4 [A]	6,12 [A]
2	Grúa tambor para izaje	25,4 [A]	45,72 [A]
3	Grúa para descuerado CM	6,8 [A]	12,24 [A]
4	Sierra eléctrica cortadora de esternón	6,8 [A]	12,24 [A]
5	Sierra eléctrica cortadora de canal	10,1 [A]	18,8 [A]
6	Bomba multietapa para lavado de canal	25,4 [A]	45,72 [A]

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

En la **Tabla 6-2:** se muestra los relés termomagnéticos seleccionados para la protección de las máquinas de la línea de faenamiento.

Tabla 6-2: Dimensionamiento de relés termomagnéticos (k=2)

ÍTEM	MÁQUINA	CORRIENTE	TERMOMAGNÉTICO
1	Grúa de plataforma 1 ton	3,4 [A]	6,8 [A]
2	Grúa tambor para izaje	25,4 [A]	50,8 [A]
3	Grúa para descuerado CM	6,8 [A]	13,6 [A]
4	Sierra eléctrica cortadora de esternón	6,8 [A]	13,6[A]
5	Sierra eléctrica cortadora de canal	10,1 [A]	20,2 [A]
6	Bomba multietapa para lavado de canal	25,4 [A]	50,8 [A]

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.4. Diseño del circuito eléctrico de control y potencia

El diagrama eléctrico de potencia que ha sido diseñado según los motores de las máquinas de la línea de faenamiento. Cada motor cuenta sus respectivas protecciones. La alimentación es toma de la red eléctrica trifásica de 400V -220V. A continuación se describen las 6 máquinas:

- Grúa de plataforma 1 ton.
- Grúa tambor para izaje.

- Grúa para descuerado CM.
- Sierra eléctrica cortadora de esternón.
- Sierra eléctrica cortadora de canal.
- Bomba multietapa para lavado de canal.

En la **Figura 9-2:** Se muestra el Diagrama eléctrico de potencia

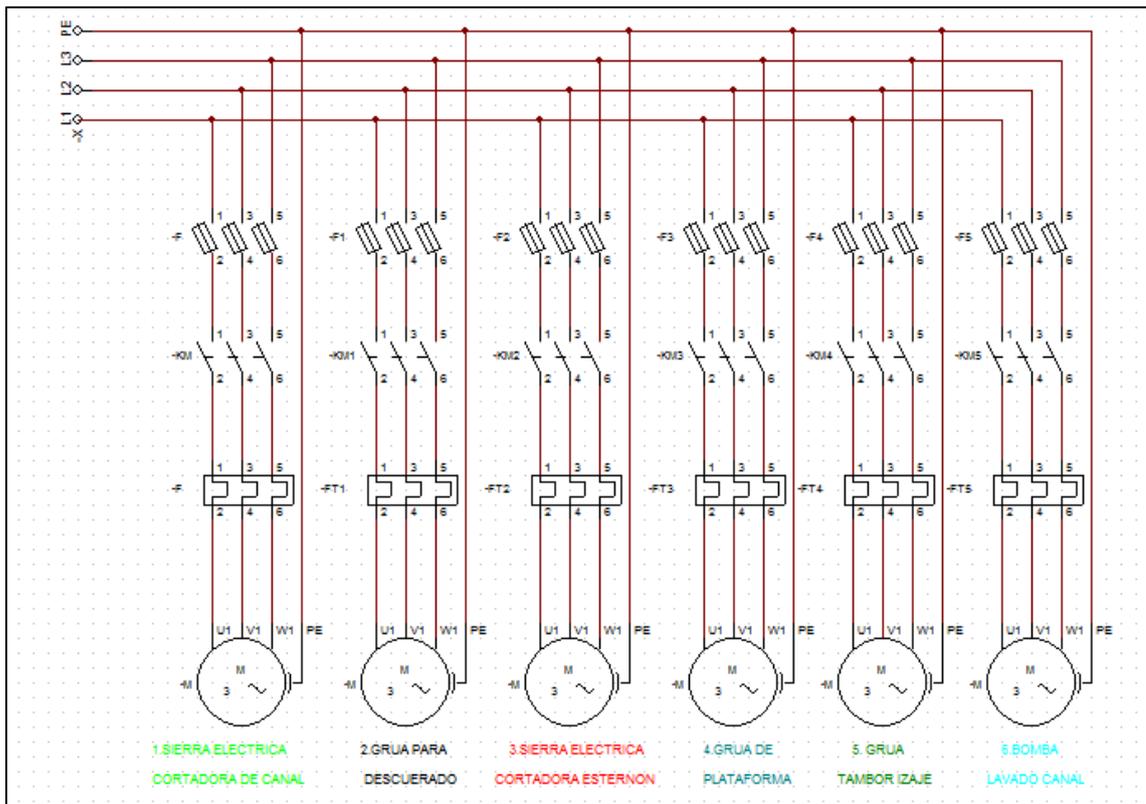


Figura 9-2: Diagrama eléctrico de potencia

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

El circuito de control, está orientado a realizar el accionamiento de los motores y demas elemntos del circuito eléctrico de potencia, colocándolos cuidadosamente y evitando cortos circuitos o cables suelto con peligro de exposición.

Su funcionamiento esta basado en la activación de señales en el controlador lógico programable, existiendo dos tipos, las de entrada y las de salida; tanto analogicas como digitales. Estas señales son enviadas y recibidas a los dispositivos de bajo amperaje, respectivamente.

En la **Figura 10-2:** se visualiza el Diagrama eléctrico de control

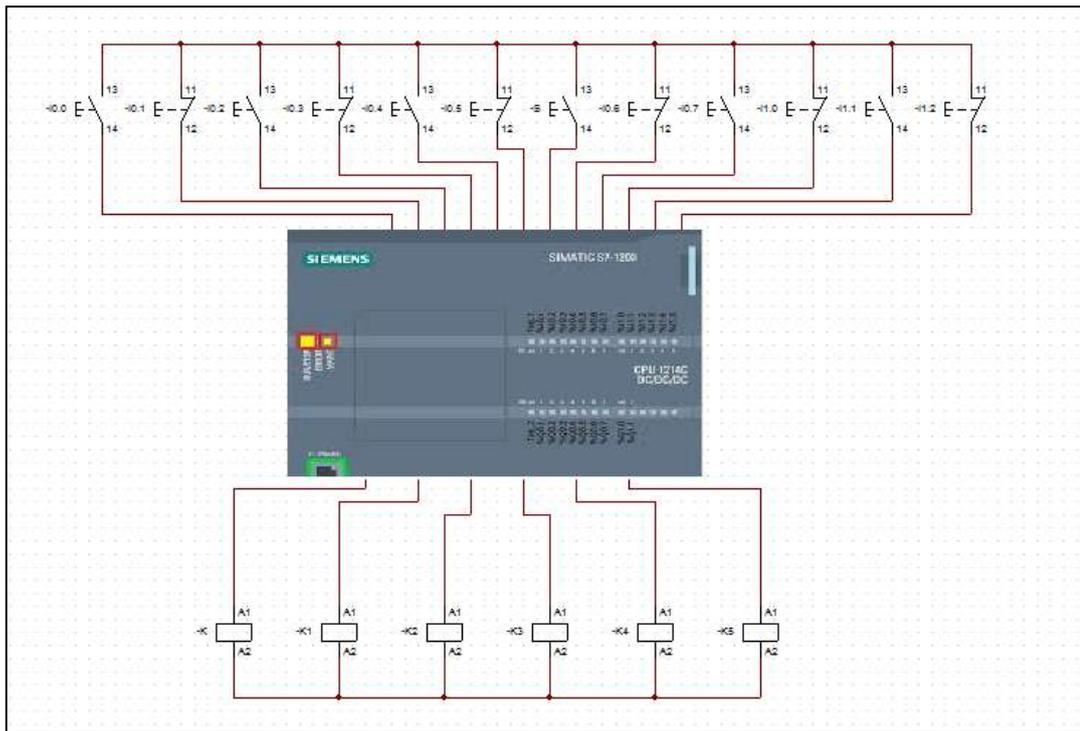


Figura 10-2: Diagrama eléctrico de control

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.5. Selección del Controlador Lógico Programable

Para la selección de un PLC se tomó en cuenta no solo las necesidades actuales, sino también los requerimientos futuros; para asegurar que la repotenciación no quede obsoleta en poco tiempo. A continuación se describen los parámetros que influyeron en la selección del PLC:

- Número de entradas y salidas.
- Tipo de Control.
- Memoria.
- Software.
- Aspectos físicos.

SIEMENS ofrece una gran variedad de controladores lógicos programables (PLC). Uno de los PLC más recientes que se lanzaron al mercado es el SIMATIC S7-1200; que es un controlador modular compacto. Este PLC tiene tres versiones que son: CPU 1211C, CPU 1212C Y CPU 1214C; cada una cuenta con diversas prestaciones. Es por tal motivo que se de las tres versiones mencionadas se seleccionó una; basado en los requerimientos del sistema como son: el número de dispositivos digitales y analógicos a monitorear.

En la **Tabla 7-2:** se ilustra Características de las tres versiones del PLC SIMATIC S7-1200.

Tabla 7-2: Características de las tres versiones del PLC SIMATIC S7-1200

PARÁMETRO	PLC SIMATIC S7- 1200		
	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
NÚMERO DE I/O			
Entradas y salidas digitales	6 / 4 salidas	8 entradas / 6 salidas	14entradas / 10 salidas
Entradas y salidas analógicas	2 entradas	2 entradas	2 entradas
CAPACIDAD DE MEMORIA			
Memoria de trabajo	25 KB	25 KB	50 KB
Memoria de carga	1 MB	1 MB	2 MB
Memoria remanente	2 KB	2 KB	2 KB
Bit de memoria (M)	4 KB	4 KB	8 KB
RENDIMIENTO			
Velocidad de Ejecución Booleana	0.1 μ s / instrucción	0.1 μ s / instrucción	0.1 μ s / instrucción
Velocidad de ejecución por palabra	12 μ s / instrucción	12 μ s / instrucción	12 μ s / instrucción
Velocidad real de ejecución matemática	18 μ s / instruction	18 μ s / instruction	18 μ s / instruction
EXPANSIÓN DE CPU			
Expansión de Signal Module (SM)	ninguno	2	8
Communication Module (CM) o Communication Processor (CP)	3	3	3
Signal Board (SB) o Communication Board (CB)	1	1	1

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

Una vez observadas las prestaciones que ofrece cada tipo de CPU del PLC Simatic S7-1200, se procedió seleccionar el **CPU 1214C**; pues cuenta con mayor número de I/O, tiene una capacidad de memoria alta, brinda una expansión del CPU, algo que es muy importante para requerimientos futuros.

2.5.1. Configuración del PLC S7-1200 CPU 1214C

Para crear la configuración de dispositivos del PLC es preciso agregar una CPU y módulos adicionales al proyecto. Primero se agregó un dispositivo al proyecto a través de los siguientes pasos:

- En la vista del portal, seleccione "Dispositivos y redes" y haga clic en "Agregar dispositivo".

- Bajo el nombre del proyecto, haga doble clic en "Agregar nuevo dispositivo".
- En el cuadro de dialogo "Agregar nuevo dispositivo" de la **Figura 11-2**: seleccionamos el CPU 1214C.

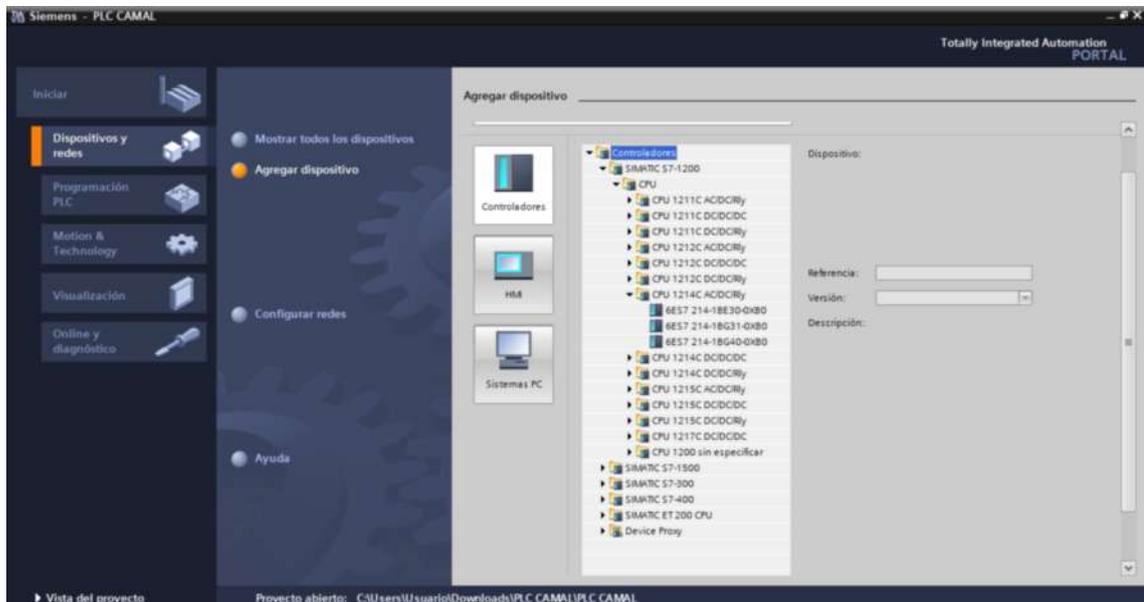


Figura 11-2: Pantalla para añadir PLC S7 1200 CPU1214C

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- Una vez seleccionado el CPU 1214C se visualizan sus propiedades en la ventana de inspección, como son: información general, variables I/O, constantes del sistema y Textos, como se muestran en la **Figura 12-2**:

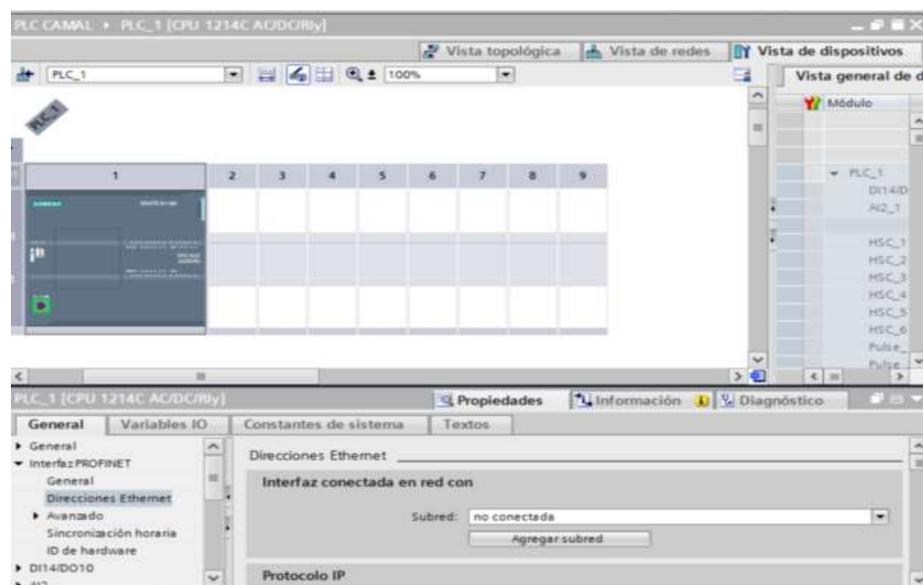


Figura 12-2: Propiedades de la CPU 1214C

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- Cabe mencionar que la CPU no tiene una dirección IP preconfigurada. La dirección IP de la CPU se debe asignar manualmente durante la configuración de dispositivos. Si la CPU está conectada a un router de la red, también es preciso introducir la dirección IP del router. En la **Figura 13-2**: se muestra la pantalla de configuración de IP

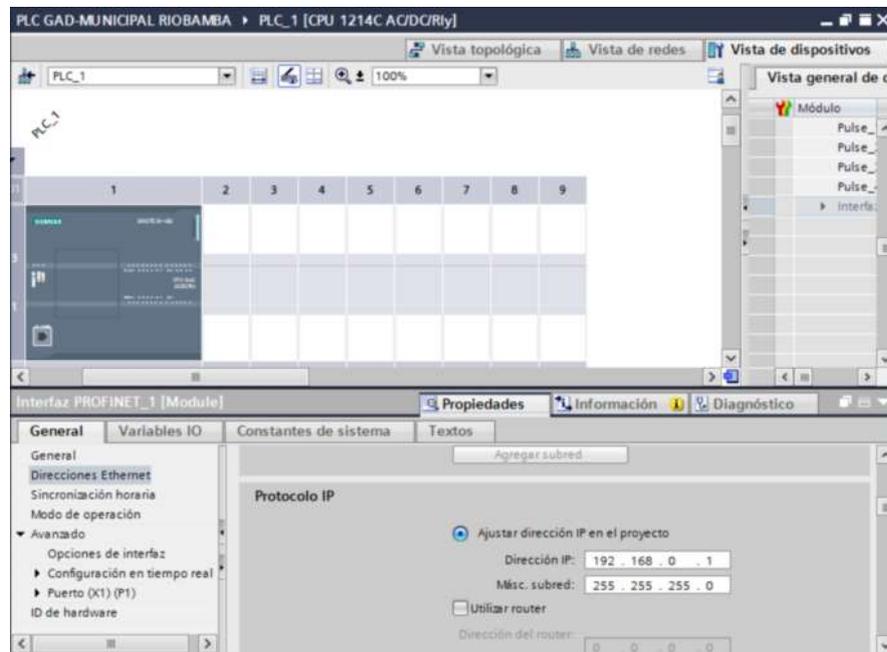


Figura 13-2: Configuración de la IP de la CPU 1214C

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.6. Programación del PLC

La programación del PLC se realizó en el software **SIMATIC STEP 7 Profesional** que está enfocado a la configuración y programación de los controladores SIMATIC S7-1200. Permite un diagnóstico en línea de la planta de faenamiento, la configuración del PLC y conexión en red para los componentes del sistema automatizado.

La conexión en red se empleó para comunicar al PLC con la pantalla HMI desarrollada en el software de NI Labview; mediante un cable red. El PLC y el computador en el que se encuentra el programa NI Labview se encuentran conectados a la red Ethernet del camal frigorífico de la ciudad de Riobamba, la comunicación solo funciona si existe conexión a internet.

- En la **Figura 14-2**: se ilustra la programación para controlar la Sierra Eléctrica Cortadora de Canal; así como también los tipos de las variables y sus respectivas direcciones en el CPU 1214C del PLC.

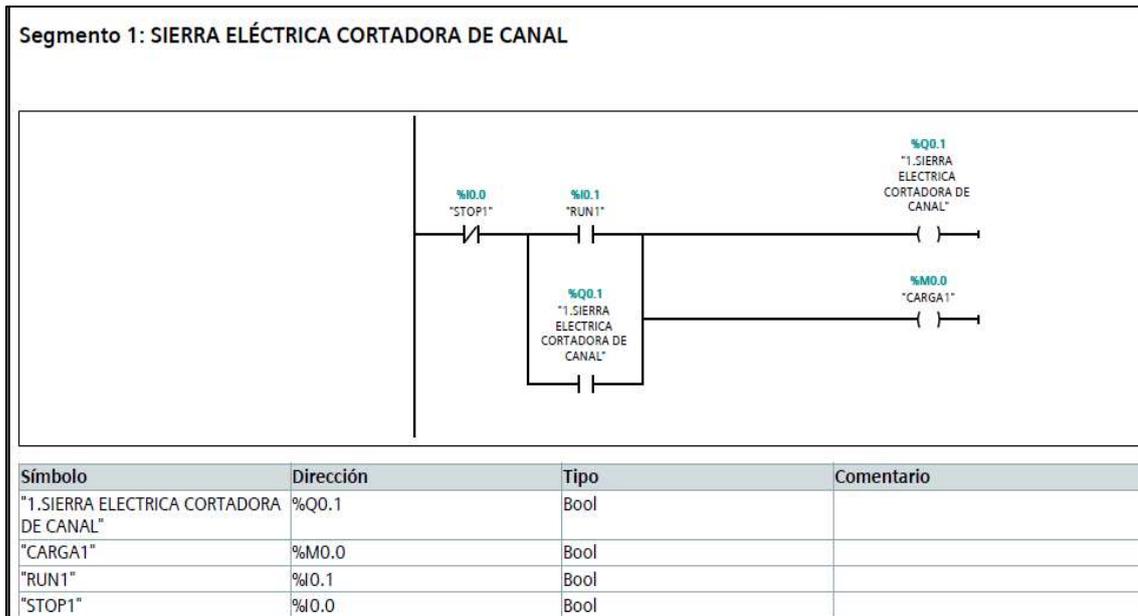


Figura 14-2: Programación para controlar la Sierra Eléctrica Cortadora de Canal

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la **Figura 15-2:** se ilustra la programación para controlar la Grúa para para descuerado; así como también los tipos de las variables y sus respectivas direcciones en el CPU 1214C del PLC.

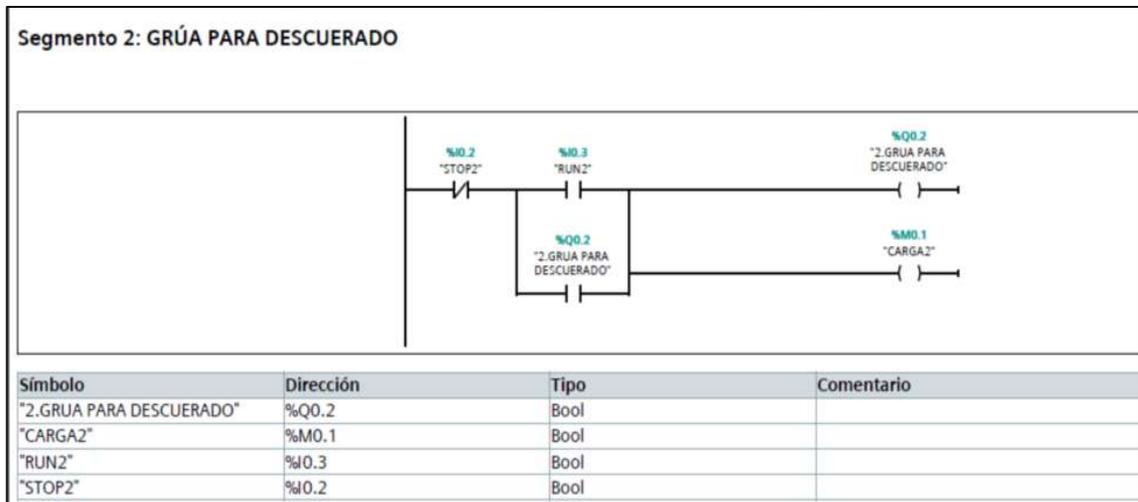


Figura 15-2: Programación para controlar la Grúa para para descuerado

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la **Figura 16-2:** se ilustra la programación para controlar la sierra eléctrica cortadora de esternón; así como también los tipos de las variables y sus respectivas direcciones en el CPU 1214C del PLC.

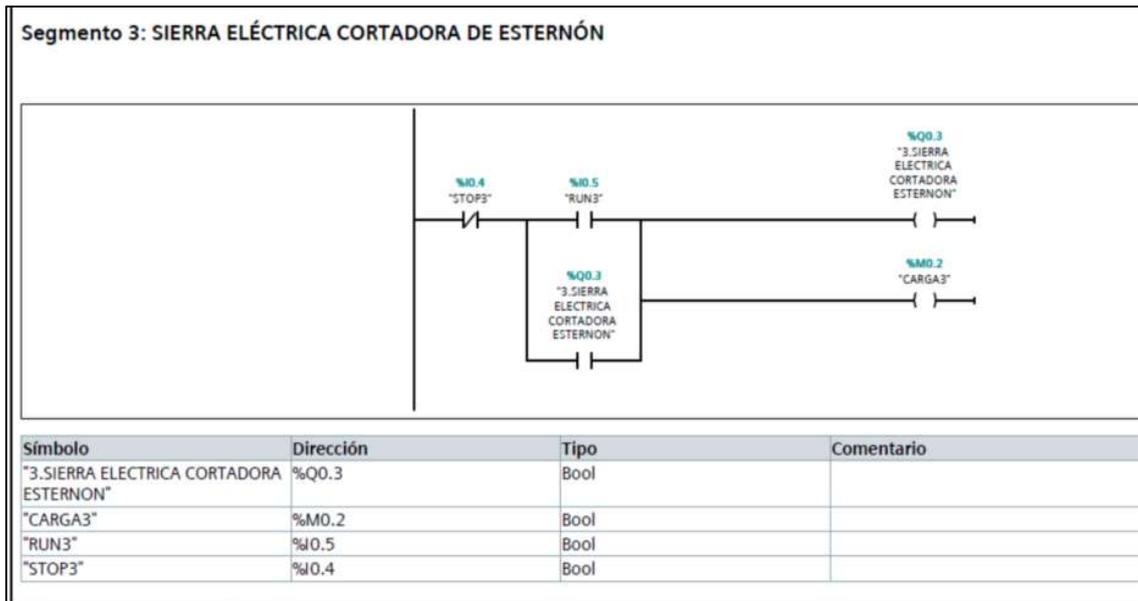


Figura 16-2: Programación para controlar la sierra eléctrica cortadora de esternón

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la Figura 17-2: se ilustra la programación para controlar la grúa de plataforma 1 tonelada; así como también los tipos de las variables y sus respectivas direcciones en el CPU 1214C del PLC.

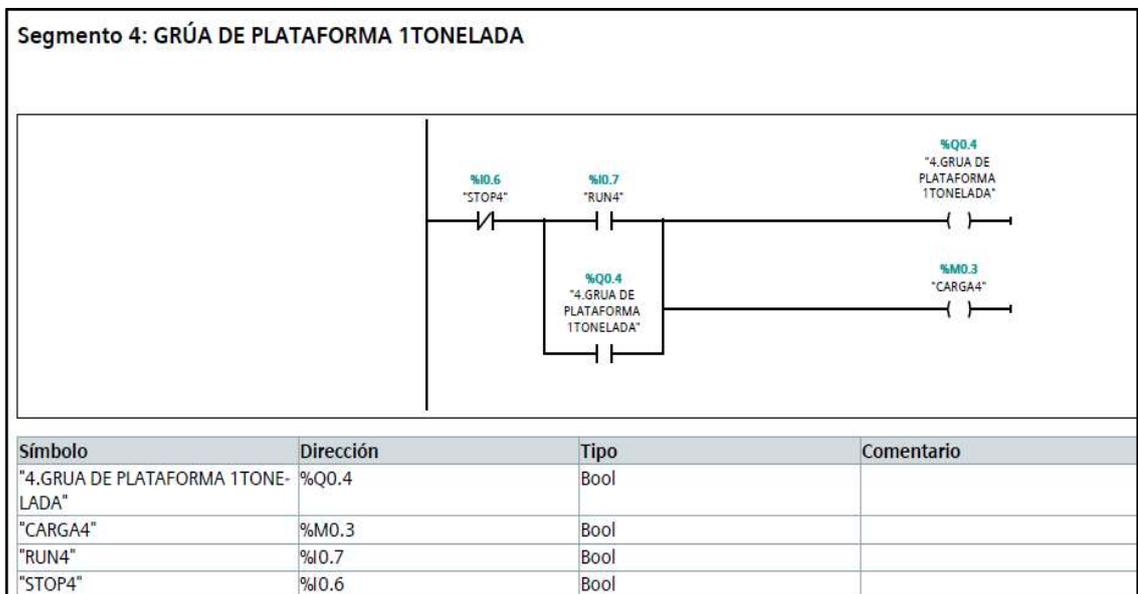


Figura 17-2: Programación para controlar la grúa de plataforma 1 tonelada

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la **Figura 18-2:** se ilustra la programación para controlar la grúa de tambor de izaje; así como también los tipos de las variables y sus respectivas direcciones en el CPU 1214C del PLC.

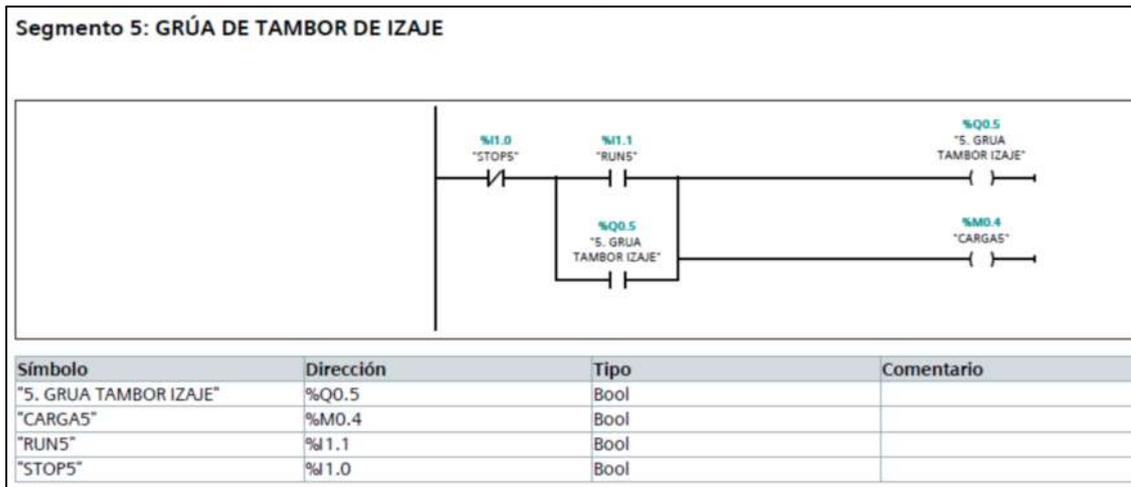


Figura 18-2: Programación para controlar la grúa de tambor de izaje

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- La **Figura 19-2:** Se ilustra la programación para controlar la bomba multietapa para lavado del canal; así como también los tipos de las variables y sus respectivas direcciones en el CPU 1214C del PLC.

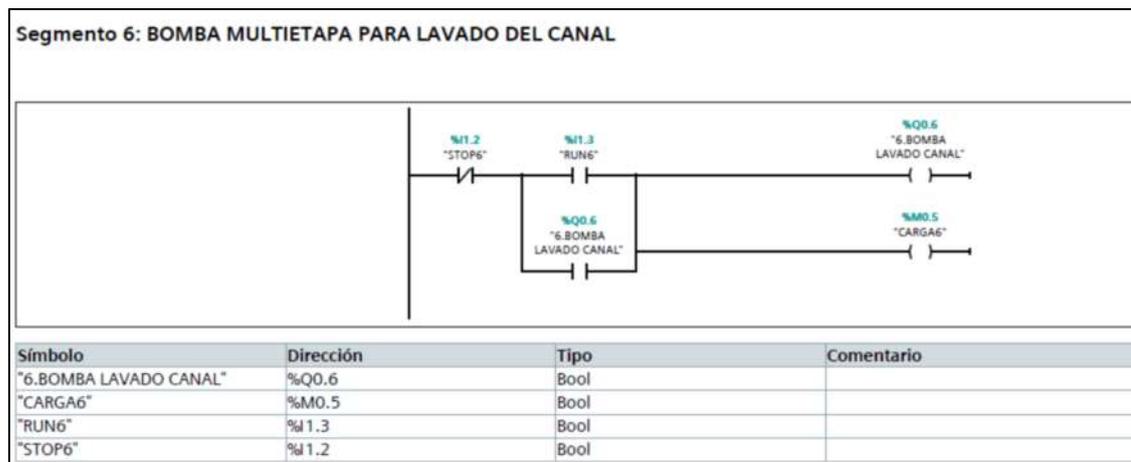


Figura 19-2: Programación para controlar la bomba multietapa para lavado del canal

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.7. Sistema de Monitoreo Local

Para el sistema de Monitoreo local se utilizó una Touch Panel, la misma que se encuentra colocada en la parte frontal del tablero de control; para que el operario pueda tener acceso a ella. En ella se visualizará el estado de las máquinas controladas por el PLC, así como también la fecha y hora. En el siguiente apartado se describe la selección del Touch Panel, basado en los requerimientos del sistema.

2.7.1. Selección del Touch Panel

En el mercado existen un sinnúmero de pantallas táctiles o Touch Panel utilizados como interfaz Hombre-Máquina. Siemens ofrece cuatro tipos de pantallas táctiles: Paneles Comfort, Panel móvil, Panel de teclas y Paneles básicos; se analizó los requerimientos del proyecto y las características de cada pantalla para así seleccionar la adecuada. A continuación se describen las características principales de cada

Características del SIMATIC Panel Comfort

- Variedad de dispositivos de 4 "a 22", con pantalla táctil y / o teclas de control.
- Brillantes pantallas en formato panorámico.
- Todos los dispositivos táctiles también admiten la instalación vertical - para una utilización óptima del espacio de la planta o para diseños de máquinas.
- Funcionalidad de gama alta integrada: Archivos, guiones VB y varios espectadores para plantas visualización de la documentación como PDF o en la forma de sitios web.
- Máxima seguridad de los datos.
- Fácil puesta en servicio, servicio rápido.
- Diagnóstico del sistema integrado.
- Aplicabilidad intersectorial e interregional.
- Múltiples interfaces para la comunicación de procesos
- Interruptor PROFINET integrado de 7".

Características del SIMATIC Panel Básico

- Nivel de entrada ideal para aplicaciones HMI sencillas.
- Compatibilidad de instalación con SIMATIC HMI Comfort Paneles y SIMATIC HMI Basic Panels existentes 4 "y 6".
- Escalabilidad flexible dentro del rango de HMI.
- Pantallas panorámicas de alta resolución y regulables con 64.000 colores.
- Interfaz de usuario innovadora y usabilidad mejorada gracias a los nuevos controles y gráficos.
- Función táctil / tecla para una operación intuitiva.
- Interfaz para la conexión con varios PLC's.
- Versiones para PROFIBUS y PROFINET.
- Archivado vía memoria USB.

- Diseñado en el TIA Portal.

Características del SIMATIC Panel Móvil

- Detección de punto de conexión dependiente de la ubicación funciones del operador.
- Facilidad de uso óptima mediante botón E-STOP iluminado.
- Opción de evaluación flexible para los controles del operador de seguridad.
- Opciones de conexión extendidas a través de la conexión cajas (compactas, estándar, avanzadas).
- Gran campo de acción mediante el uso de acceso múltiple puntos (con iPCF, roaming rápido).
- Funciones de operador dependientes de la ubicación que se puede activar a través de un transponder.
- E-STOP y botón de confirmación para aplicaciones.

Características del SIMATIC Panel con Teclas

- Grandes botones mecánicos y LED multicolor (legible a la luz del día).
- Máxima flexibilidad a través de opciones de parametrización.
- Ahorro de tiempo de cableado de más del 60% y costo del material reducciones de más del 30%.
- Llaves fáciles de etiquetar en IP65.
- 2 puertos PROFINET (incluyendo conmutador) para el montaje de estructuras lineales y anulares.
- E / S digitales integradas en la parte trasera del dispositivo conexión de interruptores de llave, luces indicadoras, etc.
- Conexión directa de E-STOP y otros sensores con versiones F.
- Compatibilidad funcional con todos los módulos estándar PROFINET maestros CPU.

Una vez analizadas las características de cada pantalla de SIMATIC, se seleccionó la pantalla de **SIMATIC HMI KTP400 Basic**; pues se acopla a las necesidades del presente proyecto.

2.7.2. Programación del Touch Pannel

Previo a la programación del Touch Pannel, se realizó la configuración del nuevo dispositivo en el software Portal Tia, para asignarle una dirección mediante la cual se comunicará con el PLC.

En la **Figura 20-2:** se muestra la pantalla de Configuración de la Touch Panel.

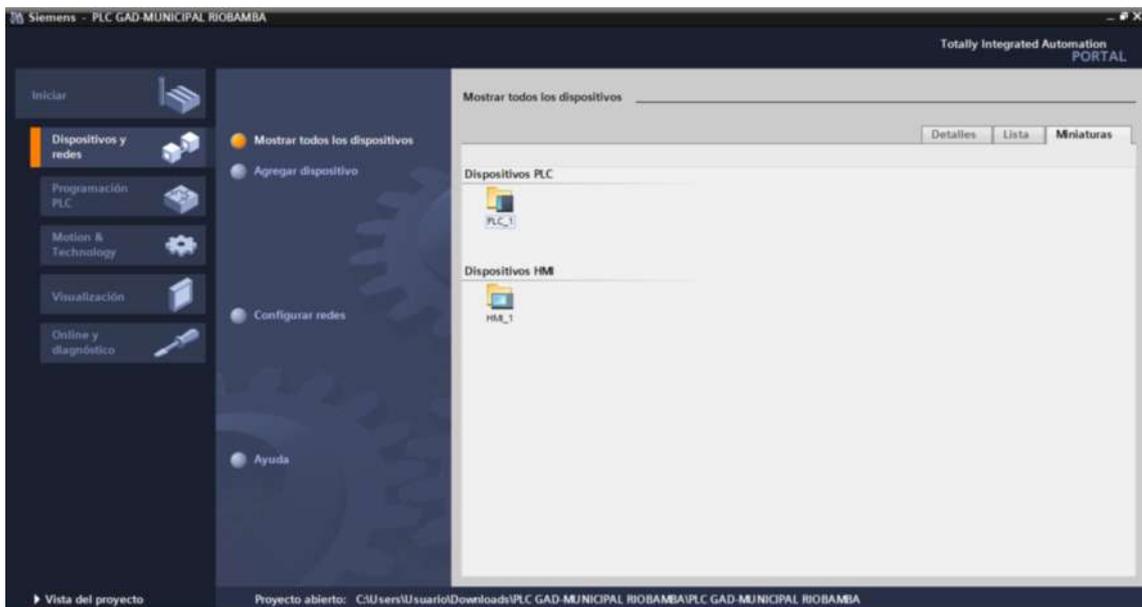


Figura 20-2: Configuración de la Touch Panel

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

En la **Figura 21-2:** se muestra la ventana para agregar nuevos dispositivos al PLC, en este caso la Touch Panel.

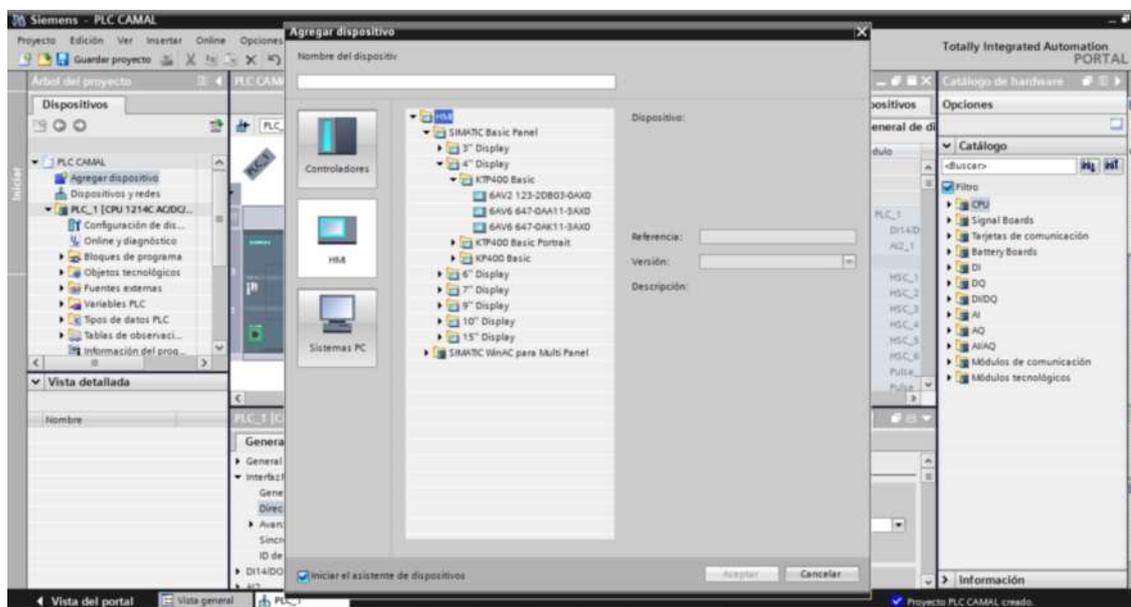


Figura 21-2: Añadir Touch Panel

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

La **Figura 22-2:** muestra la configuración de la IP de la Touch Panel.

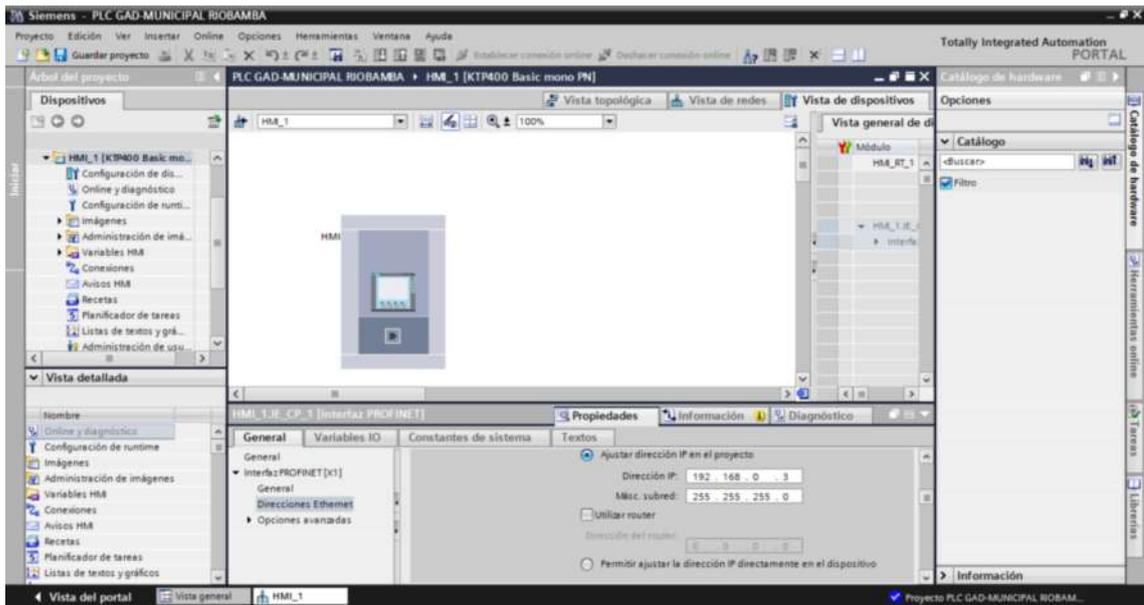


Figura 22-2: Configuración de la IP de la Touch Panel

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- **Pantalla Principal:**

La **Figura 23-2:** se visualiza la pantalla principal del Sistema Repotenciado de la Línea de faenamiento.



Figura 23-2: Pantalla principal

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- **Pantalla de monitoreo del Sistema:**

La **Figura 24-2:** se visualiza la pantalla de monitoreo del Sistema Repotenciado de la Línea de faenamiento.

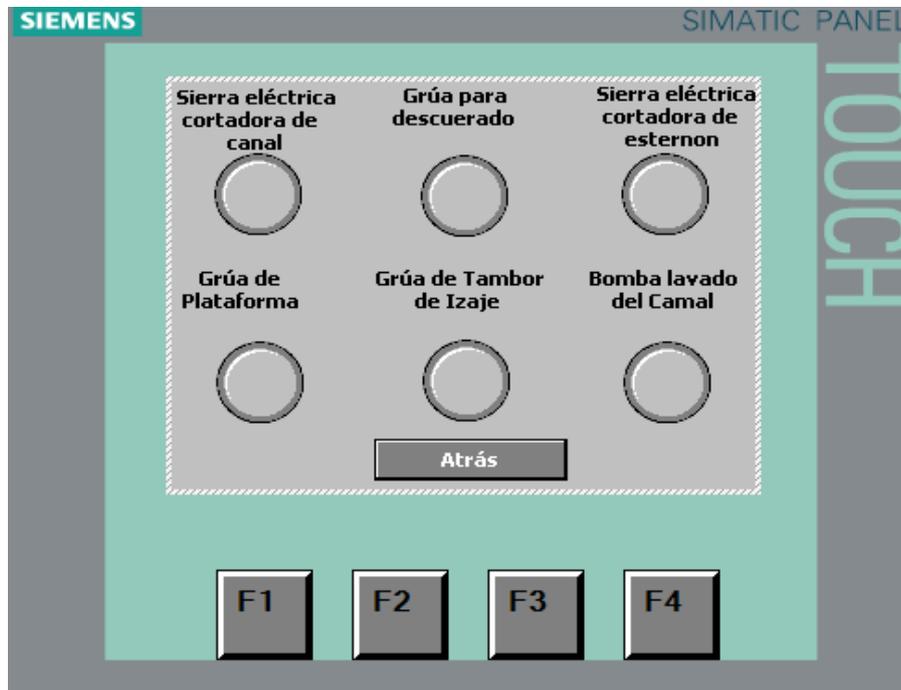


Figura 24-2: Pantalla de Monitoreo del Sistema

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.8. Sistema de Monitoreo Remoto

Para el monitoreo remoto del sistema se desarrolló un programa en el software NI Labview, mediante el cual el operario tiene información del estado de las máquinas, es decir; si se encuentran activas o inactivas. También fue necesario la configuración del OPC, ya que mediante este canal se establece la comunicación con el PLC. En los siguientes apartados se describe la configuración del OPC y desarrollo del HMI.

2.8.1. Desarrollo del HMI en NI Labview

El software NI Labview permite añadir objetos que son controlados por el PLC. En la **Figura 25-2:** se muestra el diseño de la pantalla del HMI bajo Norma ISA 101, en el constan los motores que corresponden a cada máquina de la planta de faenamiento. Así como también, los botones MONITOREAR para conocer el estado de operación de la máquina y el botón CERRAR para finalizar el monitoreo.



Figura 25-2: Pantalla HMI de Monitoreo Línea de Faenamiento

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.8.2. Creación del OPC

Como se dijo anteriormente se necesita de la creación y configuración de un canal de comunicación entre el PLC y el HMI que fue desarrollado en Labview. El canal mediante el cual se comunicaran es el OPC.

- La **Figura 26-2:** se muestra la pantalla de creación del canal de comunicación OPC.



Figura 26-2: Creación del canal de comunicación

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- La **Figura 27-2:** muestra la selección de drives para el tipo de protocolo que es utilizado en la comunicación; en este caso TCP IP interfaz Ethernet

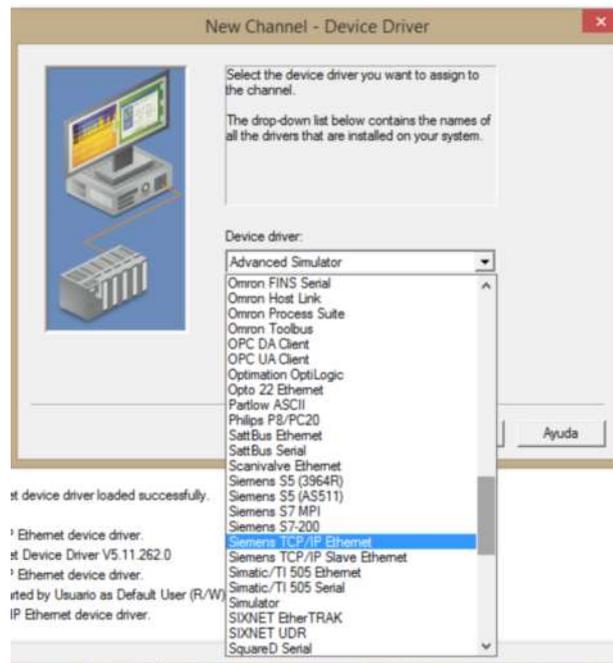


Figura 27-2: Selección de Drivers

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la **Figura 28-2:** se observa la ventana de configuración de la tarjeta de red la misma que se encuentra configurada por defecto; para posteriormente asignarle un valor en la programación del sistema en TIA Portal.

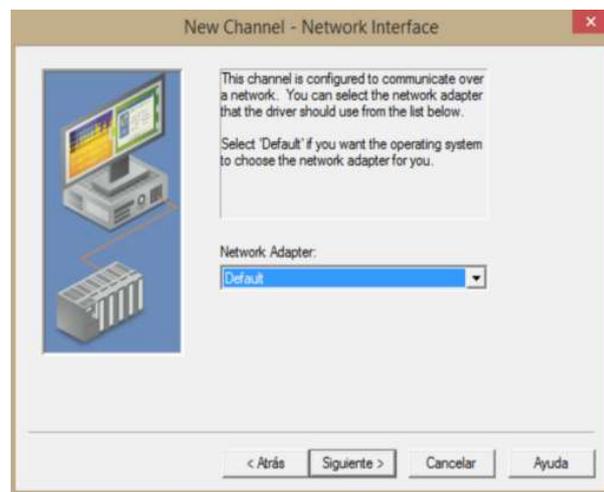


Figura 28-2: Configuración de la tarjeta de red

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la **Figura 29-2:** se muestra la ventana para habilitar la escritura sobre las tags. Los tag corresponden a los nombres de cada una de las máquinas de la línea de faenamiento, en total son 6 tags.

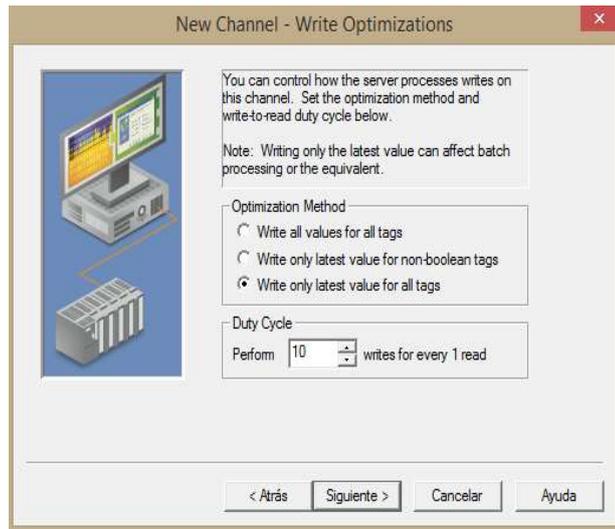


Figura 29-2: Habilitar la escritura sobre las TAGS

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- La **Figura 30-2:** muestra la ventana para finalizar el proceso de creación del canal de comunicación, con ellos se procede a la configuración del OPC como son: el nombre, hablar escritura de TAGS

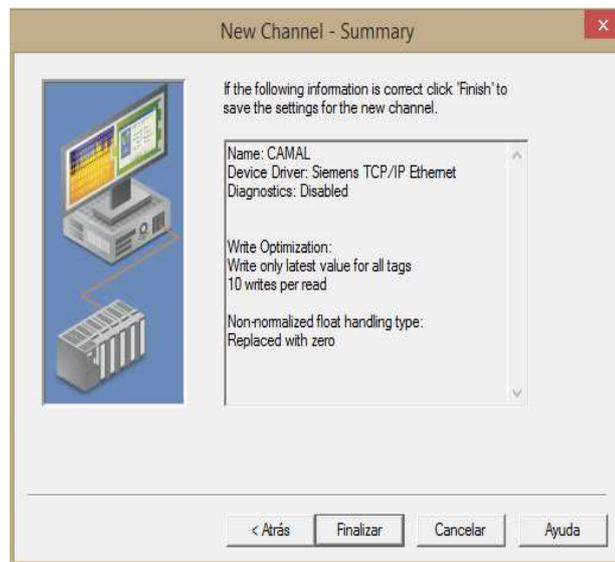


Figura 30-2: Finalizar la creación del Canal de comunicación

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- Una vez creado el canal de comunicación, se asignó el dispositivo que se va a comunicar por este medio, denominado PLC CAMAL.

En la **Figura 31-2:** se muestra la ventana de asignación del dispositivo PLC CAMAL



Figura 31-2: Asignación del dispositivo PLC CAMAL

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- Se seleccionó el PLC a utilizar, denominado PLC S7 1200.
En la **Figura 32-2:** se visualiza la ventana de selección del PLC.

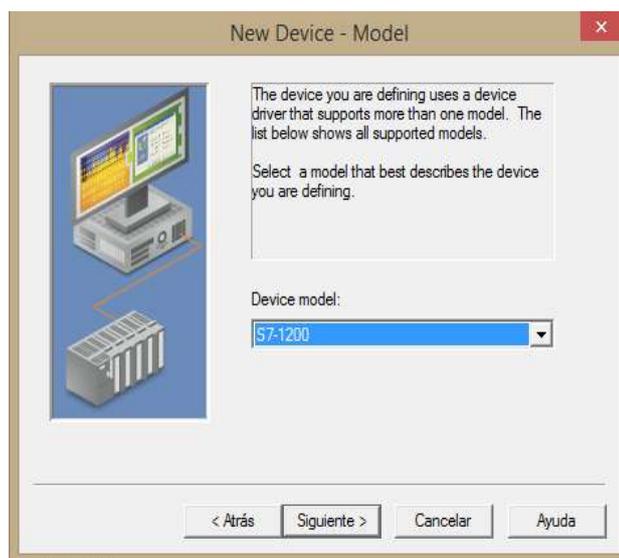


Figura 32-2: Selección del PLC S7 1200

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- Una vez seleccionado el PLC, se procedió a asignar la dirección IP del dispositivo agregado. La dirección IP es: 192.168.0.1.

En la **Figura 33-2:** se muestra la ventana de selección de IP.

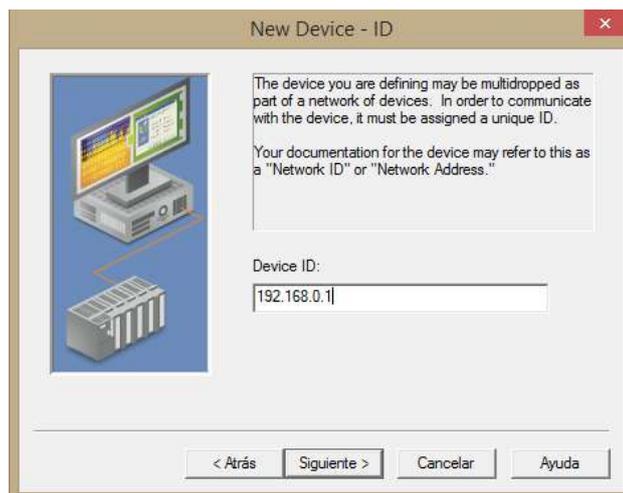


Figura 33-2: Asignación de dirección IP

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- Las entradas y salidas físicas del PLC se las declaró como TAGS dentro del OPC; para que de esta forma puedan ser leídas y ejecutadas desde la interfaz de NI Labview. En la **Figura 34-2:** se visualiza la ventana para añadir nuevas TAGS.

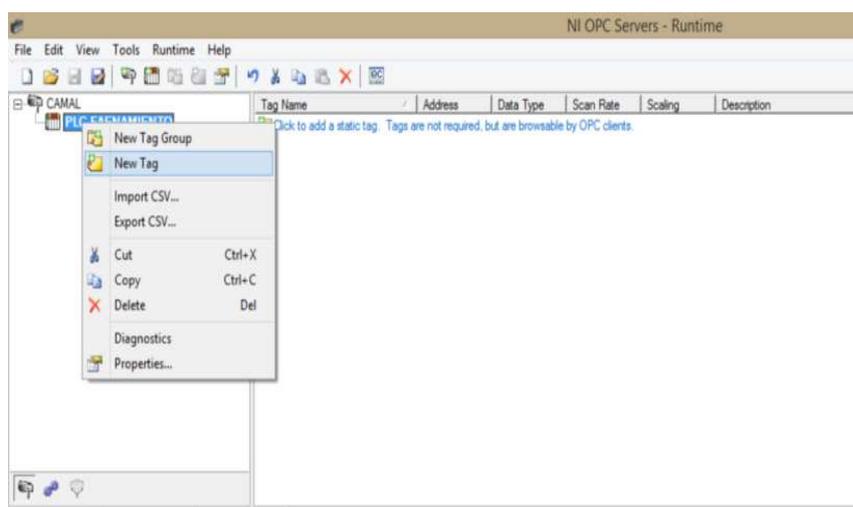


Figura 34-2: Añadir nueva TAG

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- Se crea una ventana en donde ingreso los datos de la variable / TAG. Se especificó nombre del TAG, dirección (se refiere al pin físico del PLC) y una descripción se añade el TAG de una de las cargas, por ejemplo sierra eléctrica cortadora de canal asignada al pin Q0.1 del PLC y la describe como una salida.

En la **Figura 35-2:** se muestra la pantalla de ingreso de la variable de salida con la dirección Q0.1. El mismo procedimiento se realizó para configurar las demás variables de salida.

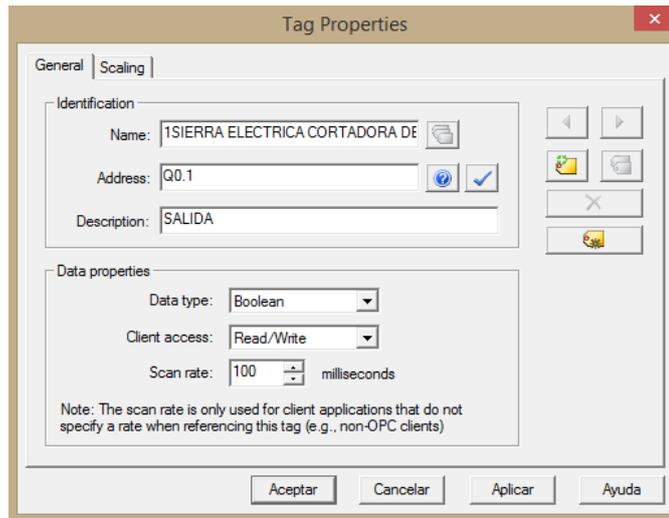


Figura 35-2: Ingreso de variables de salida (Q0.1)

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- La **Figura 36-2:** muestra la ventana para el ingreso de la variable de entrada con la dirección I0.1. El mismo procedimiento se realizó para configurar las demás variables de entrada.

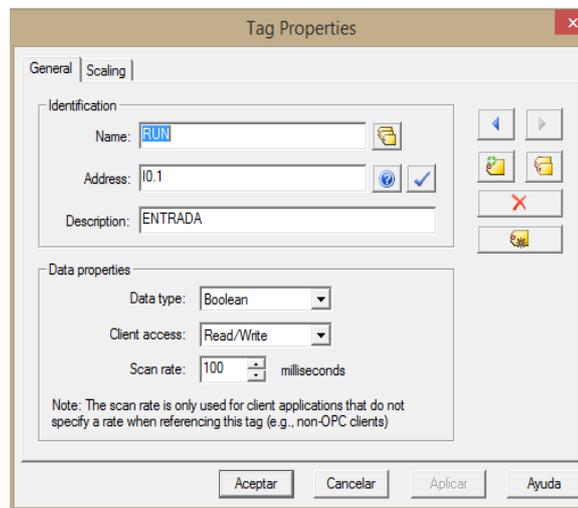


Figura 36-2: Ingreso de variables de entrada (I0.1)

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- La **Figura 37-2:** muestra el resultado del OPC con sus respectivas TAGS. En el constan como salidas la Sierra Eléctrica Cortadora de Canal, La Grúa Para Descuerado, Sierra Eléctrica Cortadora De Esternón, Grúa De Plataforma, Grúa Tambor De Izaje Y Bomba Lavado Canal; como entradas RUN1, RUN2, RUN3, RUN4, RUN5, RUN6, correspondientes a cada máquina de la línea; como entradas también constan STOP1, STOP2, STOP3, STOP4, STOP5 y STOP6, para el paro de operación de cada máquina.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
1SIERRA ELECTRICA CORT...	Q0.1	Boolean	100	None	SALIDA
2GRUA PARA DESCUERADO	Q0.2	Boolean	100	None	SALIDA
3SIERRA ELECTRICA CORT...	Q0.3	Boolean	100	None	SALIDA
4GRUA DE PLATAFORMA 1...	Q0.4	Boolean	100	None	SALIDA
5 GRUA TAMBOR IZAJE	Q0.5	Boolean	100	None	SALIDA
6BOMBA LAVADO CANAL	Q0.6	Boolean	100	None	SALIDA
RUN1	I0.1	Boolean	100	None	ENTRADA
RUN2	I0.3	Boolean	100	None	ENTRADA
RUN3	I0.5	Boolean	100	None	ENTRADA
RUN4	I0.7	Boolean	100	None	ENTRADA
RUN5	I1.1	Boolean	100	None	ENTRADA
RUN6	I1.3	Boolean	100	None	ENTRADA
STOP1	I0.0	Boolean	100	None	ENTRADA
STOP2	I0.2	Boolean	100	None	ENTRADA
STOP3	I0.4	Boolean	100	None	ENTRADA
STOP4	I0.6	Boolean	100	None	ENTRADA
STOP5	I1.0	Boolean	100	None	ENTRADA
STOP6	I1.2	Boolean	100	None	ENTRADA

Figura 37-2: Descripción de TAGS de entradas y salidas del sistema

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.8.3. Conexión Labview- OPC

Una vez configurado el canal de comunicación OPC entre el computador y el PLC se procedió a configurar NI Labview, para que se comunique mediante el canal de OPC. Se creó una nueva librería en el proyecto de NI Labview como se muestra en la **Figura 38-2:**



Figura 38-2: Creación de nueva librería en NI Labview

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

En la **Figura 39-2:** se muestra la librería añadida con el nombre de PLC_CAMAL, sobre la cual se realizó las configuraciones correspondientes para habilitar la comunicación



Figura 39-2: Librería “PLC CAMAL” añadida

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

A la librería “PLC CAMAL” y se añadió las TAG del OPC como variables de la librería, en la **Figura 40-2:** se visualiza las TAG añadidas al programa en NI Labview.

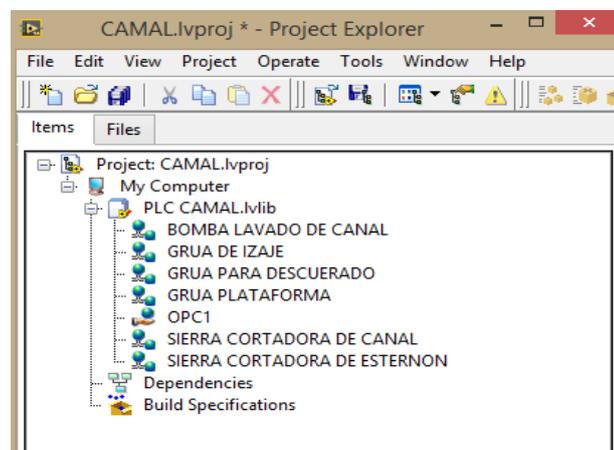


Figura 40-2: Variables de la librería

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

2.9. Integración de los Sistemas

Una vez configurados los sistemas se procedió a la integración de los mismos. Los sistemas constan de los siguientes dispositivos: Touch panel, Interface Hombre Máquina, Modem, Controlador Lógico programable, interfaces de potencia en las que están conectadas las máquinas de la línea de faenamiento.

La **Figura 41-2:** muestra el diagrama de integración del sistema para el proceso de faenamiento.

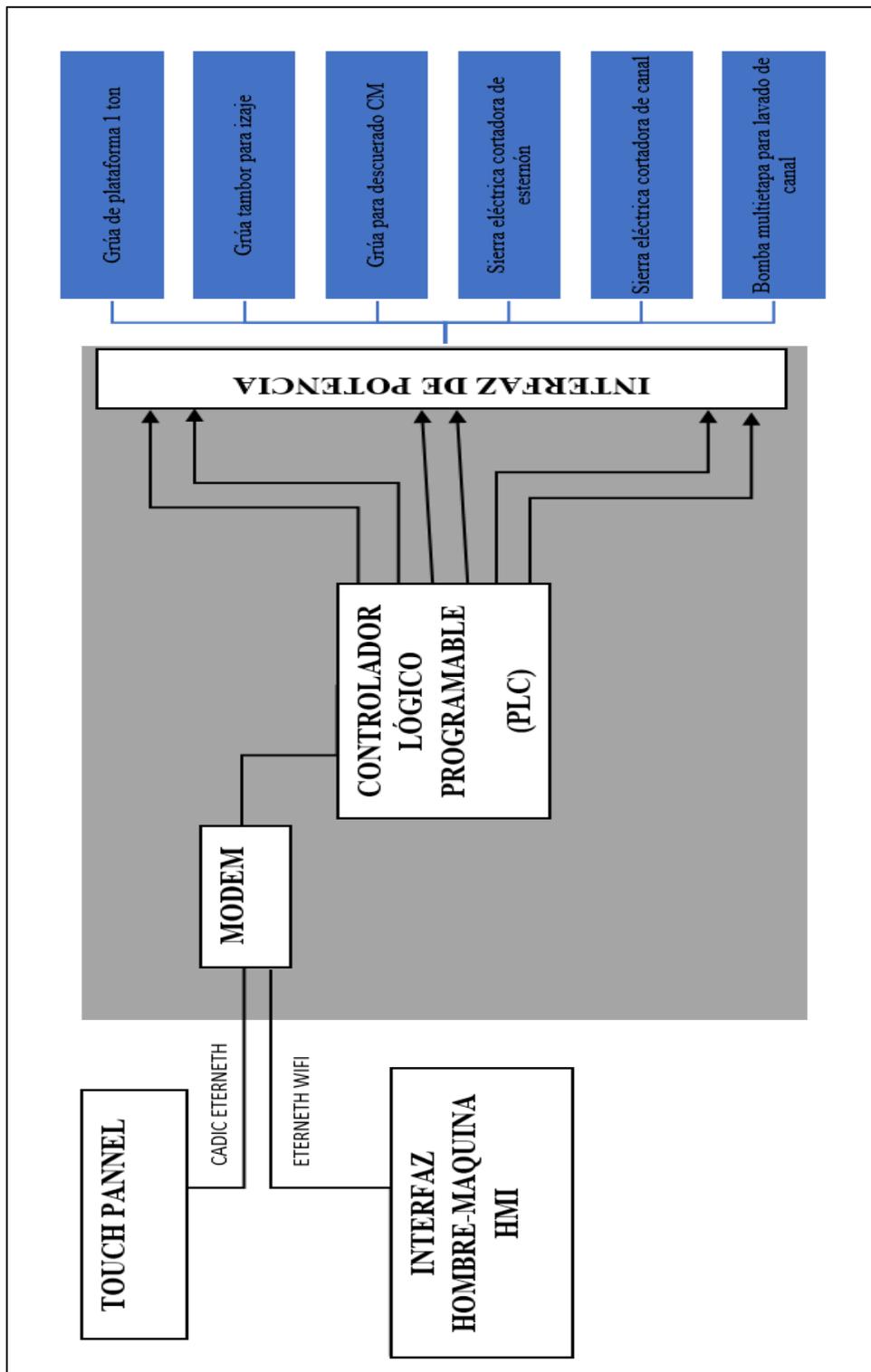


Figura 41-2: Diagrama de Integración de los sistemas

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

En la **Figura 42-2:** se muestra tanto la parte interior como la parte exterior el tablero de control instalado bajo la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2486 para Sistema de bandejas metálicas portacables, electro-canales o canaletas.



Figura 42-2: Tablero de control instalado

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

Previo a la colocación del nuevo sistema de control, se procedió al desmontaje del sistema de control antiguo, que se observa en el **ANEXO D**.

En el **ANEXO E** se aprecia la instalación del sistema de control repotenciado en la planta del Camal Municipal de Riobamba.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se realizaron las pruebas de funcionamiento y monitoreo al sistema repotenciado del sistema eléctrico de control de la línea de faenamiento del Camal Municipal Riobamba; para así garantizar el funcionamiento óptimo de todos los dispositivos en una determinada etapa del proceso.

3.1. Monitoreo del sistema de faenamiento en NI Labview

Mediante el software de National Instruments (NI), Labview se realiza el monitoreo del sistema una vez iniciado el proceso. El software se encuentra instalado en el computador ubicado en la oficina de control de operaciones, desde la cual el operario tiene la posibilidad de conocer el estado (activo/inactivo) de operación de cada una de las máquinas utilizadas en el Camal Municipal de Riobamba

A continuación se describe el funcionamiento del software implementado en NI Labview:

- Cuando el sistema de faenamiento se encuentre en reposo, se presenta la pantalla de monitoreo cuando todas las cargas se encuentran apagadas o inactiva como se muestra

Figura 1-3:



Figura 1-3: Pantalla de monitoreo de cargas todas apagadas

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- Una vez que se dé inicio al proceso de faenamiento, el operario observa cuales son las máquinas que se encuentra activa, con solo dar clic en el botón MONITOREAR de la pantalla. La **Figura 2-3:** muestra todas las cargas que se encuentran activas en un determinado momento del día; comprobando así el correcto funcionamiento del programa realizado en Labview.



Figura 2-3: Pantalla de monitoreo del proceso con todas las cargas activas

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- También se realizó el monitoreo cuando están operando tres de las máquinas, como se puede observar en la **Figura 3-3:** las cargas activas fueron la sierra eléctrica cortadora de canal, grúa de tambor de izaje y la bomba de lavado de canal.



Figura 3-3: Pantalla de monitoreo del proceso con cargas activas alternadas

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

Como se puede apreciar en las figuras anteriores, el monitoreo de la planta a través de NI Labview se encuentra perfectamente funcionando, pues los resultados obtenidos en la pantalla HMI son los mismos que se encuentran en la planta. Cabe mencionar que cuando una máquina se encuentra operando se pondrá en verde el gráfico de la máquina en cuestión en la pantalla de NI Labview.

3.2. Monitoreo del Sistema a través del Touch Panel

Además del monitoreo mediante el programa en NI Labview el operario puede conocer el estado de operación de las máquinas de la planta desde el tablero de control, en donde se encuentra instalado el Touch Panel Simatic HMI Basic KTP710.

- En la **Figura 4-3:** se muestra la pantalla inicial de monitoreo del Touch Panel, mediante el cual se selecciona la tecla de función F1 para comenzar con el monitoreo del sistema. A la vez se muestra la fecha y hora en que se realiza el monitoreo.



Figura 4-3: Circuito del sensor de dirección de viento

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la **Figura 5-3;** **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa que todas las máquinas de la planta se encuentran inactivas. Ya que las luces de señalización están pintadas de plomo.

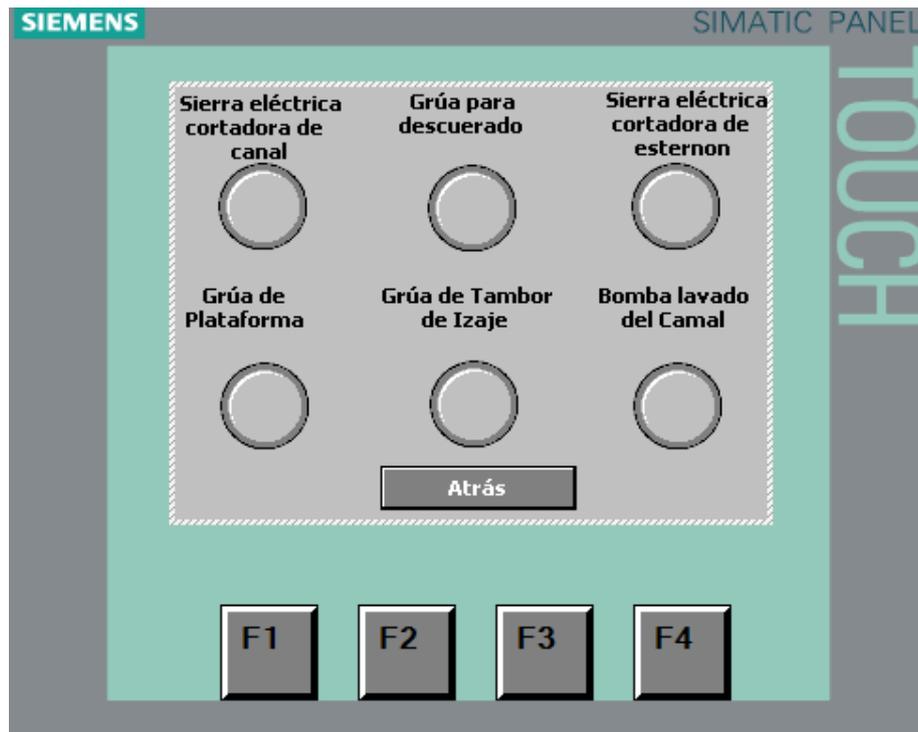


Figura 5-3: Pantalla de monitoreo de cargas inactivas

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la **Figura 6-3:** se observa que todas las máquinas de la planta se encuentra operando, ya que las luces de señalización en la pantalla están pintadas de negro.



Figura 6-3: Pantalla de monitoreo de todas las cargas activas

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

- En la **Figura 7-3**: se observa las máquinas grúa de plataforma y grúa para descuerado se encuentran operando, ya que las luces de señalización en la pantalla están pintadas de negro.



Figura 7-3: Pantalla de monitoreo de dos máquinas activas

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

Se comprobó el correcto funcionamiento del monitoreo en el Touch Pannel, ya que cuando una determinada máquina se encontraba en operación, la luz de señalización ubicado debajo del respectivo nombre se encuentra pintada de color negro, mostrando así la activación de la misma.

3.3. Comparación del sistema antiguo con el sistema repotenciado

Uno de los objetivos del presente proyecto es el de evaluar la repotenciación de los tableros de control y realizar una comparación entre el sistema antiguo y el sistema actual instalado en la planta del Camal Municipal de Riobamba. Para ello se realiza una descripción del estado de los equipos antiguos.

En el **capítulo II** se hace referencia al tiempo de uso de cada elemento que se encontraba instalados antes de la repotenciación, en donde se cercioró que todos eran obsoletos. Algunos elementos tenían un tiempo de uso de hasta 30 años, lo que es un tiempo considerable para una reposición de los mismos.

Debido a que los elementos como breakers, fusibles y relés eran obsoletos, provocaron daños en las máquinas de la planta. Parte de la maquinaria se dejó de usar y otra sufrió daños irreparables, al no contar con las protecciones adecuadas.

Por las razones descritas anteriormente, se realizó la repotenciación de la planta de faenamiento, desechando los elementos dañados y reemplazándolos por unos en perfecto estado. Además se cambió la lógica cableada por la lógica programada.

Se incorporó un controlador lógico programable mediante el cual se controla a las máquinas de la planta, el mismo que se encuentra instalado en el tablero de control. Cada máquina cuenta con sus respectivas protecciones para evitar daños por sobrecorrientes, sobrevoltajes o sobrecargas, alargando así su tiempo de vida útil.

Se implementó una Interfaz Hombre- Máquina mediante la cual el operario puede conocer el estado de operación de las máquinas desde la oficina de control mediante el programa desarrollado en NI Labview; así como también desde el tablero de control a través del Touch Panel.

A continuación en la **Tabla 1-3:** se describen los elementos que han sido sustituidos en la planta; así como también los dispositivos incorporados en el sistema repotenciado.

Tabla 1-3: Tiempo utilizado en la descarga de datos

DISPOSITIVO/ CONFIGURACIÓN	SISTEMA ANTIGUO		SISTEMA REPOTENCIADO	
	Posee: SI/ NO	Estado/ Funcionamiento	Posee: SI/ NO	Estado/ Funcionamiento
Breaker	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Relé térmico	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Conductores	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Pulsadores	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Contactores	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Protecciones cerámicas	SI	Obsoleto	NO	-----
Gabinete metálico	SI	Obsoleto	SI	Excelente
PLC	NO	-----	SI	Excelente
Pantalla HMI	NO	-----	SI	Excelente
Touch panel	NO	-----	SI	Excelente
Lógica cableada	SI	Obsoleto	NO	-----
Lógica programada	NO		SI	Excelente

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

Como se puede observar en la **Tabla 1-3** los dispositivos anteriormente instalados se encontraban obsoletos. Los elementos instalados en el sistema repotenciado son completamente nuevos. Por ende la mejora en la planta de faenamiento en cuanto al estado de los dispositivos es óptima.

El **Gráfico 1-3**: se muestra el porcentaje de los elementos instalados en el Sistema Antiguo VS Sistema repotenciado, como se puede observar el porcentaje de mejora en cuanto a elementos instalados es del 20%.

Calculo del porcentaje (%) de mejora en cuanto a los elementos incorporados en el sistema repotenciado: Como se dijo apartados anteriores el sistema antiguo era a base de lógica cableada, por ende no contaba con elementos como el PLC o el HMI; estos dispositivos son los que marcan la diferencia y notable mejora en el proceso de la línea de faenamiento. Realizado el cálculo porcentual de los elementos instalados, se tiene que:

$$\begin{aligned} & \% \text{ Elementos instalados en sistema antiguo} - \% \text{ Elementos instalados en sistema repotenciado} = \\ & \qquad \qquad \qquad \% \text{ de mejora} \\ & \qquad \qquad \qquad \mathbf{100-80=20\%} \end{aligned}$$

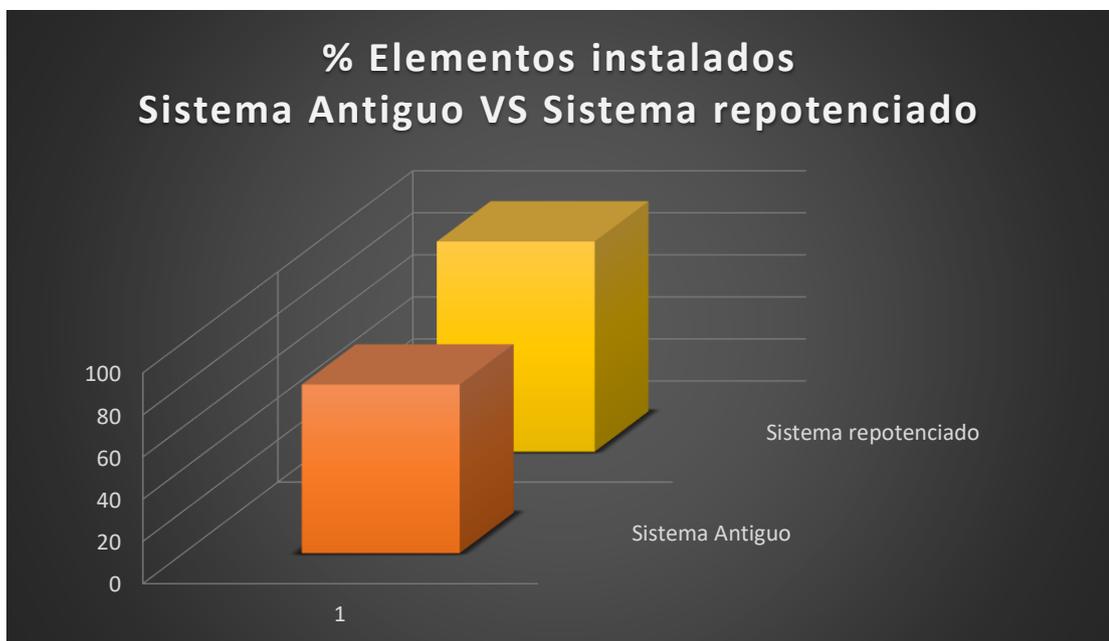


Gráfico 1-3: % Elementos instalados Sistema Antiguo VS Sistema repotenciado

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

Al realizar la media calculada entre el porcentaje de mejora de los dispositivos utilizados que es del 100 %, con el porcentaje de mejora de los nuevos dispositivos instalados que es del 20%; se obtiene una mejora del sistema de un 60%.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del sistema se procedió a la entrega formal del sistema de control repotenciado del Camal Municipal de Riobamba a las Autoridades pertinentes; la carta de conformidad se aprecia en el **ANEXO G**.

3.4. Monto del Sistema Electrónico

En la **Tabla 2-3**: se presenta el listado de los elementos y precio para cada uno. Se describen los dispositivos utilizados para la protección como son relés térmicos diferenciales, breaker; los elementos utilizados para el monitoreo local y remoto; los cables de conducción.

Tabla 2-3: Precio de dispositivos utilizados

DISPOSITIVOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Gabinete metálico	1	350,8	350,8
PLC SIEMENS	1	730	730
SIMATIC TOUCH PANEL BASIC KTP400	1	475	475
Cable flexible 16AWG	30	0,34	10,2
Luz led roja 220V	10	1,75	17,5
Contactador MC 110V 20AC	4	12,56	50,24
Contactador MC 110V 32AC	3	17	51
Contactador MC 110V 50AC	2	26,35	52,7
Canaleta CT40*40	2	7,8	15,6
Aislador escal 4P	2	6,24	12,48
Riel DIN 1 metro	2	3,26	6,52
Pulsador 22mm	20	1,86	37,2
Breaker riel DIN 3P 20A	3	16,88	50,64
Breaker riel DIN 3P 16A	4	12,1	48,4
Breaker riel DIN 3P 32A	2	12,56	25,12
Platina de cobre	1	49,96	49,96
Relé térmico diferencial MT 32/3K 3,3A	2	23,45	46,9
Relé térmico diferencial MT 32/3K 7,5A	2	23,45	46,9
Relé térmico diferencial MT 32/3K 19A	3	25,76	77,28
Relé térmico diferencial MT 32/3K 27A	2	25,76	51,52
Bornera LEG 16MM	30	3,7	111
Bornera LEG 8MM	16	1,95	31,2
TOTAL			2348,16

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

La inversión para llevar a cabo el presente proyecto fue de \$2348,16; siendo una cantidad considerable, sin embargo los excelentes resultados obtenidos justifican el monto invertido

CONCLUSIONES

- La repotenciación del tablero de control de la planta de faenamiento de ganado bovino como porcino en el Camal Municipal de Riobamba, permite agilizar el proceso, haciéndolo técnicamente más rápido, higiénico y acorde con las crecientes exigencias tecnológicas, de los usuarios y consumidores actuales y futuros.
- El uso de la lógica programada en la repotenciación del tablero de control de la planta de faenamiento fue de gran ayuda, ya que se logró incluir funciones de auto revisión y auto corrección, informar si hay un mal funcionamiento y su corrección.
- El PLC Simatic S7-1200 es el cerebro del sistema repotenciado, ya que es el encargado de enviar la señal de activación y desactivación a cada una de las máquinas de la planta de faenamiento.
- El sistema de monitoreo del proceso efectuado en la planta de faenamiento a través del programa realizado en el software NI Labview permite conocer el estado de las máquinas desde la oficina de control, lo cual es de gran ayuda; ya que por razones obvias el olor dentro del camal es desagradable.
- Mediante la implementación de la Touch Panel, Simatic HMI Basic, es posible conocer el estado de las máquinas de la planta acudiendo al tablero de control. La pantalla es utilizada cuando el operario se encuentra dentro de la planta.
- En base a los resultados se obtuvo un mejoramiento del 20% en cuanto a nuevos dispositivos instalados, ya que el sistema antiguo al ser diseñado con logia cableada carecía de elementos importantes como el PLC y la Touch Pannel. Además se sustituyeron todos los elementos del sistema antiguo.

RECOMENDACIONES

1. Es de vital importancia que la persona que se encuentre a cargo del control de la planta de faenamiento repotenciada, utilice el manual de operación previo al manejo de los equipos, con el fin de evitar daños en el sistema.
2. Realizar una revisión periódica cada 3 meses del tablero de control ya que está sometido a la humedad debido al lugar en el que se encuentra instalado, y esto puede provocar anomalías en el equipo.
3. En caso de que existe alguna falla ajena a la planta, se deberá accionar inmediatamente el botón de paro, para evitar daños en cualquiera de los equipos
4. Se recomienda tener en cuenta el tiempo de vida útil de los elementos instalados, para que en caso de que se averíen sean reemplazados en la brevedad posible y no ocasionen la parada de la operación de la planta.
5. Dar uso cada uno de los equipos instalados en la planta, ya que su inactividad puede ocasionar que sufra daños por la humedad.
6. Cuando el operario realice mantenimiento del sistema se aconseja el uso de EPP, para una mejor operación en la planta.
7. Se sugiere la instalación de un sistema de puesta a tierra, para proteger la vida útil de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

Castillo, J. C. M. *Autómatas Programables* [en línea]. Revista de Electricidad, Electrónica y Automata, 22 de octubre de 2006. <http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/automatas/auto3.htm>

GARCÍA MORENO, E. *Automatización de Procesos Industriales* [en línea]. Valencia-España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 1999. [Citado el: 20 de julio 2017]. Disponible en:

https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true.

Introducción HMI [en línea]. [Citado el: 2 de septiembre 2017]. Disponible en:

<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

ISA. *Tipos de controles de un proceso* [en línea]. Ingeniería de sistemas y automática, 2015. [Citado el: 9 de julio 2017]. Disponible en:

http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/01_Introduccion_al_laboratorio.pdf

MICRO CAPACITACIÓN. *Manual 061 Controlador Lógico Programable PLC* [en línea]. Buenos Aires- Argentina: Automación Micromecánica S.A.I.C, 2014 p. 8. [Citado el: 5 de septiembre 2017]. Disponible en:

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLogicoProgramablePLC.pdf>

OGATA, Katsuhiko. *Ingeniería de Control Moderna*. (5a edición). Madrid-España: PEARSON, 2010. Pp. 5-12.

Prada, Marwin. *Motor eléctrico trifásico* [blog]. Ingeniería, 1 de diciembre 2014. [Citado el: 9 de julio 2017]. Disponible en:

<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Rele term. Dif. Mt-32/3k 5/8. [En línea]. Productos. [Citado el: 9 de julio 2017]. Disponible:

www.aea.com.ar/index.php?seccion=productos&familia=5&categoria=25&subcategoria=36&id=1825

Ribas, José. *Lógica cableada y lógica programada* [blog]. Valencia, España: dissenyproducte, 15 de octubre, 2017. [Citado el: 10 de agosto 2017]. Disponible en:
<https://dissenyproducte.blogspot.com.es/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html>

SIEMENS. *Manual Simatic S7 Controlador programable S7-1200* [en línea]. Siemens, 2009, p. 11,23. [Citado el: 22 de julio 2017]. Disponible:
<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

SIEMENS. *Paneles SIMATIC HMI* [en línea]. España: Automatización Siemens, 2015 [Citado el: 25 de agosto 2017]. Disponible en:
https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf

SIEMENS. *SIMATIC STEP 7 Professional (TIA Portal)* [en línea]. Siemens, 2016. [Citado el: 22 de septiembre 2017]. Disponible en: <http://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/step7-tia-portal/step7-professional/Pages/default.aspx>

SIEMENS. *TIA Portal* [en línea]. Siemens, 2016. [Citado el: 15 de julio 2017]. Disponible:
http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia_portal/pages/tia-portal.aspx

SIMOVERT MASTERDRIVERS. *Interface en serie universal (USS)* [en línea] [Citado el: 17 de julio 2017]. Disponible en:
http://electronica.li2.uchile.cl/new/documentacion/CNC/Masterdrives%20%20MC/Manuales%20Completos%20-%20Compendio%20V1.4/Compendium/mc14_kompemd_kap081_s.pdf.

VEGA CORTEZ, Paul Oswaldo. *Diseño e Implementación de un Prototipo de Control y Comunicación por Internet para Reporte de Procesos Industriales para toma de decisiones a Nivel Gerencial* [En línea] (tesis). (Maestría) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2015. pp. 87-93. [Citado el: 1 de octubre 2017]. Disponible en:
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7933/Tesis%20Final%20Fausto%20Orozco.pdf;sequence=1>

SIEMENS. *SIMATIC HMI Paneles de operador Basic Panels 2nd Generation* [en línea]. Siemens, 2014. [Citado el: 9 de septiembre 2017]. Disponible en:
https://www.technical.cat/PDF/Siemens/HMI/operating_instructions_hmi_basic_panels_2nd_generation.pdf

VEGA CORTEZ, Paul Oswaldo. Evaluación de los Factores De Riesgo Mecánico y su Incidencia en la Productividad del personal durante el Faenamiento en el Camal Municipal de Riobamba Aplicando La Norma Ntp 330 [En línea] (tesis). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 50-52. [Citado el: 1 de octubre 2017]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5553/1/20T00759.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL PLC S71200 1214

A.2.2 Datos técnicos de la CPU 1212C

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 212-1BD30-0XB0	6ES7 212-1HD30-0XB0	6ES7 212-1AD30-0XB0
General			
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75		
Peso	425 gramos	385 gramos	370 gramos
Disipación de potencia	11 W	9 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	300 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	25 KB de memoria de trabajo / 1 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	8 entradas/6 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)	4096 bytes		
Ampliación con módulos de señales	2 SMs máx.		

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.		
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.		
Contadores rápidos	4 en total Fase simple: 3 a 100 kHz y 1 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 1 a 20 kHz de frecuencia de reloj		
Salidas de impulsos	2		
Entradas de captura de impulsos	8		
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms		
Alarmas de flanco	8 ascendentes y 8 descendentes (12 y 12 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	
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.	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC	400 mA a 24 V DC
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC	1200 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.	-

ANEXO B. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE SIMATIC TOUCH PANEL KTP400

8.8.1 Datos técnicos del KTP400 Basic y KTP600 Basic

Peso

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Peso sin embalaje	aprox. 320 g	aprox. 1070 g		

Pantalla

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Tipo	LCD mono FSTN		LCD-TFT	
Área activa del display	76,79 mm x 57,59 mm (3,8")	115,2 mm x 86,4 mm (5,7")		
Resolución, píxeles	320 x 240			
Colores representables	4 niveles de gris		256	
Regulación de contraste	Si		No	
Categoría de error de píxel según DIN EN ISO 13406-2	-		II	
Retroiluminación	LED		CCFL	
Half Brightness Life Time, típico	30.000 h		50.000 h	

Unidad de entrada

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Tipo	Pantalla táctil analógica resistiva			
Teclas de función	4	6		
Tiras rotuleables	Si			

Memoria

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Memoria de aplicación	512 kBytes			

Interfases

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
1 x RS 422/RS 485	-	-	Máx. 12 Mbit/s	-
1 x Ethernet	RJ45 10/100 Mbit/s	RJ45 10/100 Mbit/s	-	RJ45 10/100 Mbit/s

Tensión de alimentación

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Tensión nominal	+24 V DC			
Rango admisible	de 19,2 V a 28,8 V (-20 %, +20 %)			
Transitorios, máximo admisible	35 V (500 ms)			
Tiempo entre dos transitorios, mínimo	50 s			
Consumo	aprox. 70 mA aprox. 150 mA aprox. 0,5 A ² s	aprox. 240 mA aprox. 350 mA aprox. 0,5 A ² s	aprox. 350 mA aprox. 550 mA aprox. 0,5 A ² s	
Fusible interno	electrónico			

Otros componentes

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Reloj de tiempo real	Si, no respaldado			

ANEXO C. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE RELÉ TÉRMICO MT-32/3K

Empalme y conexión



AEA
 Teléfono: 4574-1555
 Dirección: Asunción 2130 - Capital Federal
 ventas@aea.com.ar
 servicioalcliente@aea.com.ar

RELE TERM. DIF. MT-32/3K 5/8

Código AEA: 1717009

Código Fab.

MT-32/3K 5/8

Descripción	RELE TERM. DIF. MT-32/3K 5/8
A_utilizar_en_contactores(Fijación_directa)	MC-9b a MC-40a
Rango_de_calibración_mínimo(A)	5
Rango_de_calibración_máximo(A)	8
Alternativas_de_montaje_Riel_din_o_tornillo	BASE UZ-32
Estilo_de_protección	Bimetálico
Tipo_de_protección	Diferencial
Clase	10
Protección_corriente_diferencial	SI
Protecciones_por_falta_de_fase	SI
Reset_manual_automático	SI
Compensación_de_ambiente	-5 a 40 °C
Auxiliares_incorporados	1 NA + 1 NC
Conexiones_contactos_principales	Tornillo M4
Conexiones_contactos_auxiliares	Tornillo M3,5
Sección_del_cable_en_la_carga_AWG/MCM	18AWG
Sección_del_cable_en_la_carga_(mm ²)	1
Torque_Nm	2,3
Dimensiones_Ancho_x_Alto_x_Profundidad_(mm)	45 X 74,6 X 86,3
Peso_(g)	167
Standard	IEC 60947, UL 508
Certificaciones	CE,UL, UL CSA, KR,BV,NK,KEMA

Fuente: <http://www.aea.com.ar/index.php?seccion=productos&familia=5&categoria=25&subcategoria=36&id=1825>

ANEXO D. DESMONTAJE DEL SISTEMA ANTIGUO.



Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

ANEXO E. INSTALACIÓN DEL SISTEMA REPOTENCIADO



Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

ANEXO F. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO REMOTO



Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

ANEXO G. CARTA DE CONFORMIDAD



RIOBAMBA
GAD MUNICIPAL

www.gadmriobamba.gob.ec

Riobamba, 11 de Octubre del 2017

CARTA DE CONFORMIDAD

De mi especial consideración:

A través de la presente quisiera hacer de su conocimiento que estamos conformes con el excelente trabajo que ha realizado en nuestras instalaciones del camal Municipal Riobamba, en las cuales se llevó a efecto el trabajo de titulación **"REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO DE CONTROL DE LOS PROCESOS CON LOGICA PROGRAMADA DE LA LÍNEA DE FAENAMIENTO BOVINO Y PORCINO DEL CAMAL MUNICIPAL RIOBAMBA"**.

Así mismo, informo que todas las cláusulas y los objetivos propuestos en el trabajo de titulación fueron cumplidos en su totalidad, por lo que reiteramos nuestra conformidad con los cambios realizados en nuestra planta de control de los procesos de faenamiento.

El Señor Richard Orlando García García, con CI: 210043648-0, estudiante de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, puede hacer uso del presente documento en lo que más convenga a su interés.

Atentamente



ING. Williams Luzuriaga
**ADMINISTRADOR DEL CAMAL
MUNICIPAL**

CAMAL FRIGORÍFICO MUNICIPAL
Av. Leopoldo Freire y Av. Circunvalación - Teléf. 03 2 626332
www.gadmriobamba.gob.ec

Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

ANEXO H. CONVENIO FIRMADO ENTRE LA ESPOCH Y EL GAD DE RIOBAMBA



Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017

ANEXO I. PORTADA - MANUAL TÉCNICO



Realizado por: GARCÍA, Richard, 2017