



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**SISTEMA IOT PARA EL PROCESO DE COAGULACIÓN EN LA
ELABORACIÓN DE QUESO MADURO EN LA CORPORACIÓN “EL
SALINERITO”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Electrónico**

AUTORES: Marcos Marcelo Fárez Rodríguez
Cristian Vinicio Masalema Cuenca

TUTOR: Carlos Germán Pillajo Angos

Quito-Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Marcos Marcelo Fárez Rodriguez, con documento de identificación 1500830219 y Cristian Vinicio Masalema Cuenca, con documento de identificación 1725287211; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo y autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 20 de febrero de 2024.

Atentamente,



Marcos Marcelo Fárez Rodriguez

1500830219



Cristian Vinicio Masalema Cuenca

1725287211

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Marcos Marcelo Fárez Rodriguez, con documento de identificación 1500830219 y Cristian Vinicio Masalema Cuenca, con documento de identificación 1725287211, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: “Sistema IoT para el proceso de coagulación en la elaboración de queso maduro en la corporación “El Salinerito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de febrero de 2024.

Atentamente,



Marcos Marcelo Fárez Rodriguez

1500830219



Cristian Vinicio Masalema Cuenca.

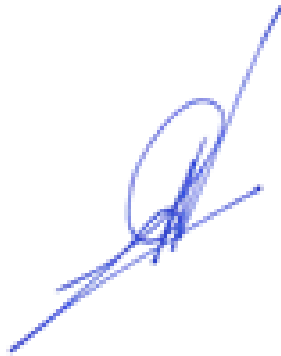
1725287211

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Germán Pillajo Angos con documento de identificación No. 1709255119 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: SISTEMA IOT PARA EL PROCESO DE COAGULACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE QUESO MADURO EN LA CORPORACIÓN “EL SALINERITO”, realizado por Marcos Marcelo Fárez Rodriguez, con documento de identificación 1500830219 y Cristian Vinicio Masalema Cuenca, con documento de identificación 1725287211, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de febrero de 2024.

Atentamente,



Ing. Carlos Germán Pillajo Angos PhD

1709255119

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi trabajo de titulación a toda mi familia. Principalmente a mis Padres Miguel Masalema y mi Madre María Cuenca por su apoyo, en estos años de vida universitaria ya que sin su ayuda este logro no se habría completado, quiero que sepan que en mis días venideros se los recompensare de alguna manera por toda la ayuda prestada. Y también se lo dedico a mi hijo Cristopher como recordatorio para su próxima vida académica de que con esfuerzo y perseverancia se puede alcanzar cualquier meta.

Cristian Vinicio Masalema Cuenca

Dedico con todo mi corazón el resultado de esta tesis a mis padres, quienes siempre creyeron en mí y nunca me abandonaron, por más solo que anduve en el desierto, sus oraciones siempre me sacaron adelante. Les dedico el resultado de este trabajo como parte de pago a todas las cosas que me han dado. También quiero dedicar este trabajo de titulación a mis hermanos que en medio de la guerra me enseñan el significado de la palabra hermano.

Marcos Marcelo Fárez Rodriguez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios padre creador por permitirme cumplir mis sueños y anhelos. Agradezco a toda mi familia que confiaron en mí desde el principio, a mis hermanos gracias por su ayuda cuando los necesite, y en especial a mis padres Miguel Masalema y María Cuenca gracias por su apoyo y amor a lo largo de estos años y gracias por ser una inspiración de trabajo y perseverancia.

Finalmente, quiero agradecerme a mí mismo, quiero agradecerme por creer en mí mismo. Quiero agradecerme por todo el gran trabajo que estoy haciendo. Quiero agradecerme por no tener un día libre. Quiero agradecerme por nunca rendirme. Quiero agradecerme por dar siempre y tratar de dar más y no recibir nada a cambio. Quiero agradecerme por tratar de hacer el bien en lugar del mal. Quiero agradecerme por ser siempre yo.

Cristian Vinicio Masalema Cuenca

Quiero agradecer mis tíos, quienes me acogieron y me dieron un hogar, a mis primos que formaron parte de ese hogar, agradecer a mis hermanos quienes han estado a mi lado a pesar de las diferencias y las distancias, agradecer a todos y cada uno de mis familiares y amigos que alguna vez me dieron alguna palabra de apoyo o simplemente me dejaron una lección la cual formó parte de mi aprendizaje. Por último, agradecer a las personas más importantes de mi vida por las cuales llegue a este punto en mis estudios, a mis padres, toda mi devoción, amor y gratitud infinita para ellos.

Marcos Marcelo Fárez Rodríguez

INDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
INDICE DE TABLAS	VII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I	17
1. ANTECEDENTES	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Justificación	18
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Metodología	20
CAPÍTULO II	22
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1 Introducción a los sistemas IoT:	22
2.1.1 Definición y Conceptos Clave de tecnologías IoT	22
2.1.2 Impacto de los sistemas IoT en los procesos industriales	23
2.2 Descripción de equipos utilizados	24
2.2.1 Controlador Lógico Programable (PLC)	24
2.2.2 Variador de Frecuencia	25
2.2.3 V-BOX (Gateway IoT)	26
2.2.4 Fuente de alimentación a 24 VCC	28

2.2.5 Pantalla HMI.....	29
2.2.6 Electroválvula	30
2.2.7 Motor trifásico	31
2.3. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	32
2.3.1 Protocolo de comunicación Modbus TCP/IP	32
2.3.2 Protocolo de comunicación Ethernet Industrial	33
2.3.3 Protocolo de comunicación RS-485.....	34
2.4 Proceso de elaboración de queso con enfoque en la industria 4.0	35
2.4.1 Descripción general del proceso tradicional	35
2.4.2 Desafíos y oportunidades en la producción de queso.....	37
2.4.3 Automatización y control de procesos mediante sensores inteligentes.....	38
<i>CAPÍTULO III</i>	40
3. <i>DESARROLLO E IMPEMENTACION</i>.....	40
3.1 Diseño del tablero de control IoT	40
3.1.1 Descripción de tina polivalente y sus funciones principales	40
3.1.2 IoT en la elaboración de quesos	42
3.1.3 Motor trifásico en la corporación “El Salinerito”	43
3.2 Diseño de arquitectura y redes de comunicación de sistema IoT	44
3.3 Diseño de circuito eléctrico principal.....	45
3.3.1 Diseño del circuito de fuerza	45
3.3.2 Diseño del circuito de Control	48
3.3.3 Programación del PLC Wecon.....	51
3.3.3.1 Programación principal	51
3.3.3.2 Subprograma para accionamiento de electroválvulas	54
3.3.3.3 Subprograma de adquisición y escalamiento de datos	55
3.4 Diseño de pantalla HMI con conexión a la V-net.....	57
3.4.1 Conexión V-BOX con la V-NET	57
3.4.2 Diseño de pantalla HMI	60
3.4.2.1 Pantalla de Presentación.....	60
3.4.2.2. Pantalla Principal	60
3.4.2.3. Sub-pantallas de alarmas.....	64
<i>CAPÍTULO IV</i>.....	65
4. <i>IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</i>.....	65
4.1 Montaje e Instalación de equipos.	65

4.1.1 Montaje e instalación de tablero de control IoT.....	65
4.1.2 Instalación de electroválvulas	68
4.1.3 Instalación de cableado del sistema de fuerza.....	69
4.2 Configuración de parámetros de variador de frecuencia.....	70
4.3 Prueba de comunicación entre PLC, variador de frecuencia y tina polivalente	71
4.4 Pruebas de conectividad del sistema IoT.	73
4.5 Conexión IP.	77
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES.....	87
ANEXOS	91
Anexo 1 Diagrama de flujo del sistema.....	91
Anexo 2 Conexión del PLC	92
Anexo 3 Leyenda usada en la conexión del PLC.....	93
Anexo 4 Escalamiento de Señal.....	94
Anexo 5 leyenda usada en el escalamiento de la Señal	95
Anexo 6 Diagrama de Fuerza	96
Anexo 7 Leyenda usada en el diagrama de Fuerza.....	97
Anexo 8 Protocolo de comunicación	98
Anexo 9 Diagrama P&ID.....	98
Anexo 10 Leyenda usada en el Diagrama P&ID	100
Anexo 11 Parámetros configuración Variador.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: PLC LX3VP-1212MR2H-A de Wecon.</i>	25
<i>Figura 2: Variador de Frecuencia VM-2S2R2 de Wecon.</i>	26
<i>Figura 3: Variador de frecuencia VM-2S2R2 de Wecon</i>	27
<i>Figura 4: Fuente de alimentación a 24 VCC de Wecon.</i>	28
<i>Figura 5: Pantalla de 7 pulgadas de Wecon.</i>	30
<i>Figura 6: Electroválvula.</i>	31
<i>Figura 7: Protocolo de comunicación Modbus TCP/IP.</i>	33
<i>Figura 8: Protocolo de comunicación ethernet.</i>	34
<i>Figura 9: Protocolo de comunicación RS-485.</i>	35
<i>Figura 10: Tina polivalente.</i>	41
<i>Figura 11: Tablero de control con IoT (V-BOX)</i>	43
<i>Figura 12: Motor Trifásico.</i>	44
<i>Figura 13: Topología de conexión de tablero de control.</i>	44
<i>Figura 14: Diagrama de fuerza.</i>	47
<i>Figura 15: Conexión de control en PLC Wecon</i>	48
<i>Figura 16: Diagrama de conexión de variador.</i>	50
<i>Figura 17: Diagrama de flujo de Proceso principal.</i>	53
<i>Figura 18: Programación para electroválvulas agua caliente.</i>	54
<i>Figura 19: Características de conversión.</i>	55
<i>Figura 20: Escalamiento temperatura.</i>	56
<i>Figura 21: Interfaz en V-NET de Wecon.</i>	57
<i>Figura 22: Tipos de conexión del V-BOX</i>	58
<i>Figura 23: Parámetros a configurar en la V-NET.</i>	59
<i>Figura 24: Pantalla Presentación.</i>	60
<i>Figura 25: Modos e manejo.</i>	60
<i>Figura 26: Pantalla Control Temperatura</i>	61
<i>Figura 27: Diagrama de Histéresis</i>	62

<i>Figura 28: Pantalla control del variador</i>	63
<i>Figura 29: Alarma de temperatura</i>	64
<i>Figura 30: Montaje del tablero de control en la planta.</i>	66
<i>Figura 31: Frontal del tablero de control en la planta.</i>	67
<i>Figura 32: Electroválvulas implementadas.</i>	68
<i>Figura 33: Cajetín del sistema Eléctrico.</i>	69
<i>Figura 34: Cambio de parámetros en variador de frecuencia</i>	71
<i>Figura 35: Pruebas de funcionamiento.</i>	72
<i>Figura 36: Prueba para control de temperatura.</i>	73
<i>Figura 37: Monitoreo en tiempo real.</i>	74
<i>Figura 38: Pantalla Alarmas.</i>	75
<i>Figura 39: Datos históricos</i>	76
<i>Figura 40: Cloud SCADA para monitoreo.</i>	77
<i>Figura 41: Ingresamos desde una computadora portátil.</i>	78
<i>Figura 42: Ingresamos desde un teléfono inteligente.</i>	78
<i>Figura 43: Conectividad en la computadora.</i>	79
<i>Figura 44: Conectividad en el teléfono.</i>	79
<i>Figura 45: Tina quesera semiautomática.</i>	80
<i>Figura 46: Tina quesera manual.</i>	81
<i>Figura 47: Producto final de la tina semiautomática.</i>	82

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tabla de entradas.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 2. Tabla de salidas en PLC Wecon.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 3. Conexión del variador de frecuencia.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 4. Productividad de la fabrica.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 5. Pruebas de funcionamiento.....</i>	<i>83</i>

RESUMEN

El presente proyecto técnico hace referencia al diseño e implementación de un tablero de control integrando tecnología IoT mediante dispositivos de control y monitoreo industrial de la marca Wecon para el manejo de una tina de coagulación polivalente o también llamada tina quesera, la cual al iniciar el proyecto no cuenta con un sistema inteligente para el uso eficiente de la maquinaria y tener la rentabilidad esperada y el ingreso de nuevos productos al mercado, al navegar por cada capítulo, el proyecto se irá estructurando, comenzado en sus bases teóricas contemplando la ayuda que brinda hoy en día la Industria 4.0 en la elaboración de quesos a nivel de la industria láctea y en muchas más ramas de la industria alimenticia en general, en el desarrollo de la presente tesis se estructurará el eje central del proyecto con una síntesis de los elementos involucrados en la parte mecánica del proyecto al igual que, una guía por el diseño de la estructura de comunicación entre el usuario, los dispositivos IoT y la nube, para finalizar con la implementación en el campo y el análisis de los resultados obtenidos en función de los objetivos planteados al inicio del proyecto.

Palabras Claves: Automatización, Control, Industria 4.0, IoT, PLC Wecon, PT100, Tina Polivalente, Variador de frecuencia.

ABSTRACT

This technical project refers to the design and implementation of a control board integrating IoT technology through industrial control and monitoring devices of the Wecon brand for the management of a multipurpose coagulation vat or also called cheese vat, which at the beginning of the project It does not have an intelligent system for the efficient use of machinery and to have the expected profitability and the entry of new products to the market. As you navigate through each chapter, the project will be structured, starting from its theoretical bases, contemplating the help it provides today. Nowadays, Industry 4.0 in cheese production at the dairy industry level and in many more branches of the food industry in general, in the development of this thesis the central axis of the project will be structured with a synthesis of the elements involved in the mechanical part of the project as well as a guide to the design of the communication structure between the user, the IoT devices and the cloud, to end with the implementation in the field and the analysis of the results obtained based on the objectives raised at the beginning of the project.

Keywords: Automation, Control, Industry 4.0, IoT, PT100, Tub polyvalent, Variable frequency drive, Wecon PLC.

INTRODUCCIÓN

En la era actual de avances tecnológicos acelerados, la automatización y los sistemas de Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) se han convertido en pilares fundamentales para la transformación digital de diversas industrias en todo el mundo. La industria láctea no es una excepción, y en el contexto ecuatoriano, ha experimentado un crecimiento significativo respaldado por la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras.

Este proyecto muestra el desarrollo de un tablero de control que permitirá conectar de manera inalámbrica un sensor de temperatura y el variador de frecuencia con un servidor MQTT, para el monitoreo de las variables de control de proceso: temperatura de tanque, velocidad y dirección de trabajo del motor de una tina Polivalente en la corporación “El Salinerito”. A continuación, se describe los puntos a tratar para el desarrollo del proyecto:

En el capítulo 1, se indica los aspectos generales del proyecto, su justificación, el planteamiento del problema, los objetivos y la metodología utilizada en el desarrollo del mismo.

En el capítulo 2, se describe la fundamentación teórica que es la base en la cual está basado el proyecto, conceptos y caracterización de los dispositivos y elementos que intervienen en el proyecto en la parte estructural del tablero, así como en la parte de los protocolos que se van a usar para la comunicación.

En el capítulo 3, se indica el diseño y desarrollo del tablero de control IoT, además del diseño de arquitectura y como están configuradas las redes de comunicación del sistema IoT, en la parte final del capítulo se dará una guía rápida por las pantallas que se

presenta en la interfaz del usuario o HMI.

En el capítulo 4, se resumen la implementación y el montaje de los elementos en el tablero de control, se da una pequeña guía de la configuración junto con las pruebas de comunicación, para finalizar el capítulo con una comparativa de los sistemas antes y después de la actualización y un análisis de las mejoras y sus efectos en la planta de fabricación, como en la parte administrativa de la empresa.

En el último capítulo, se muestran las conclusiones del proyecto basados en la implementación del dispositivo como en las pruebas de funcionamiento realizada.

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

“El Salinerito” como entidad productora de lácteos en el proceso de quesería, en condiciones de producción normal utilizan un equipamiento de corte de queso cuya infraestructura no está actualizada y está obsoleta, después del estudio de campo se determinó que el proceso de coagulación se lo realiza de manera manual, Según menciona el encargado de la producción “la maquinaria dejó de trabajar a pocos días de ser adquirida por una mala conexión inicial” lo cual agrandaría las pérdidas económicas por la no recuperación del capital invertido.

El parte del proceso de coagulación de la mezcla de aditivos con la materia prima la cual se cumple usando fuerza motriz de un trabajador estándar logrando poca eficiencia y un lapso mayor al que lograríamos con la tina polivalente funcionando correctamente con una eficiencia llegando a muy buena.

Además de lo mencionado, los componentes del tablero original al momento de la realización del estudio de campo estaban en condiciones de inoperancia total por el pasar del tiempo (Corrosión, Polvo) y a la falta de mantenimiento, adicional a las notorias evidencias de efectos de la falla en su primera conexión (Elementos hinchados, Evidencia de cortos circuitos).

Lo antes mencionado son partes de las consecuencias de la baja en la productividad y el deficiente control de calidad en los procesos de coagulación de la leche, generando poca competitividad en mercado y cerrando la puerta a nuevos productos basados en la leche como materia prima procesada.

1.2 Justificación

La Universidad Politécnica Salesiana (UPS) por medio de la carrera de Electrónica y Automatización promueve la capacitación y optimización de procesos productivos, mediante políticas de vinculación con obras salesianas. En 1978 los salineros de Guaranda con asesoramiento profesional y la cooperación técnica inauguraron una quesería iniciando así el interesante proceso de producción y comercialización comunitaria de quesos artesanales semiduros y maduros marca “Salinerito”. (Corporación Gruppo Salinas, 2022)

Porque el objetivo principal de la industria alimentaria es entregar alimentos de alta calidad con gran énfasis en el ámbito de la higiene antes de llegar al consumidor final. La calidad e higiene de los alimentos en gran parte depende de cómo se transportan y almacenan antes de que lleguen al del consumidor. Se debe mantener una temperatura y humedad suficientes cuando se almacenan productos perecederos como productos lácteos y carne. Mediante la introducción de nuevas tecnologías, se ha realizado un control optimizado del proceso de producción, lo que lo hace más seguro, más cualitativo y más corto.

Con la incorporación de estas nuevas tecnologías se obtiene mayor productividad para ser competitivas a nivel nacional e internacional, En consecuencia, sus deseos y necesidades deben ser satisfechos de manera oportuna y eficiente, por lo que es muy importante mantener una alta calidad en la producción, procesos eficientes, mejora continua y el uso o implementación de tecnologías de la información e industria 4.0, para suplir esta necesidad se ofrece la actualización del proceso de control y monitoreo, con el desarrollo de un tablero de control mediante el uso de la tecnología de la cuarta revolución industrial.

Con la transformación digital de la industria alimentaria han surgido nuevos competidores, tecnologías y requerimientos en la operación de sus flujos de trabajo. La digitalización de la industria ha cambiado la forma en que la industria gestiona sus procesos, servicios y negocios. El IoT y la inteligencia artificial ayudan a las empresas a lograr altos niveles de seguridad alimentaria, reducir el desperdicio y reducir los costos y riesgos en todas las etapas del procesamiento y envasado de alimentos.

En base a lo anterior se propone realizar una actualización del tablero de control para que se integre a la Industria 4.0. Es así como este proyecto de titulación pretende desarrollar la infraestructura para el control y monitoreo del proceso de producción de coagulación láctea a través de la actualización de un tablero de control logrando el monitoreo mediante el registro de datos en la nube, para uso en tiempo real con la creación de alarmas de producción y control remoto para modificar el estado de una variable del proceso y lograr al final un producto de calidad y con eficiencia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Implementar una arquitectura de control del proceso de coagulación láctea para la disposición en el proceso de elaboración de quesos de nuevas tecnologías de monitoreo y control remoto mediante la actualización de un tablero de control con tecnologías de industria 4.0.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar la documentación científica para el proceso de elaboración de quesos y tecnologías utilizadas en la Industria 4.0, mediante literatura científica de artículos y revistas.

- Desarrollar un tablero de control para la adquisición de materia prima en la estación de coagulación integrando tecnologías de la Industria 4.0.
- Desarrollar una arquitectura de comunicación entre la planta y la nube para la adquisición, monitoreo, y control de datos, mediante servicios de IoT en nube.
- Realizar pruebas de campo para verificar el funcionamiento del sistema implementado mediante monitoreo y control de variables del proceso.

1.4 Metodología

Para investigar la documentación científica emplearemos un enfoque cualitativo basado principalmente en un diseño de teoría fundamentada para del proceso de elaboración de quesos, así como para las tecnologías utilizadas en la Industria 4.0, mediante literatura científica de artículos y revistas.

Luego se utilizará un enfoque cuantitativo y cualitativo aplicando una metodología de tipo experimental e investigación-acción para el desarrollo de un tablero de control usado en el proceso de coagulación de la leche para la obtención de distintos tipos de quesos integrando tecnologías de la Industria 4.0.

A demás en base a una metodología con teoría fundamentada y diseños de tipo no experimental analizaremos los datos obtenidos del proceso para mejorar el control de la calidad del producto y poder realizar algún cambio en las variables de estado de ser necesario para la corrección en la calidad o adecuación para un tipo diferente de producto.

Por último, con un enfoque netamente cuantitativo se realizará mediante una metodología experimental las pruebas en campo para la verificación de sensores, actuadores y el proceso de monitoreo y control funcionen en sincronía.

Metodología analítica: El método se utilizará para dar cuenta de variables físicas, permitiendo la búsqueda de los componentes más adecuados para la creación de prototipos, ya sean sensores, controladores o actuadores.

Metodología deductiva: Con la información recabada se implementará un dispositivo IoT y se diseñara las pantallas que se presentan en el HMI colocado en el tablero de control.

Metodología experimental: Se realizarán las pruebas necesarias para asegurar el funcionamiento de los dispositivos IoT en el proceso de compostaje.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se analiza la base teórica de la realización de la investigación para que los lectores tengan una idea clara del tema tratado.

2.1 Introducción a los sistemas IoT:

2.1.1 Definición y Conceptos Clave de tecnologías IoT

La tecnología IoT es una agrupación de tecnologías que permiten la interconexión de dispositivos cotidianos a la red para transmitir y recibir información. La tecnología IoT incluye dispositivos, sistemas embebidos, software y conectividad, que permiten la monitorización y el control de procesos a través de una conexión a internet.

La tecnología IoT tiene un amplio catálogo de aplicaciones, que van desde el hogar inteligente hasta la monitorización y control de los procesos industriales. Los dispositivos IoT permiten la recopilación de datos, como los parámetros ambientales o los hábitos de uso de los usuarios, que se pueden utilizar para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en diversos campos. (Zhang, W, 2020)

Uno de los desafíos principales en la tecnología IoT es la seguridad de la información. Los dispositivos IoT son más vulnerables a los ataques cibernéticos debido a que carecen de medidas de seguridad efectivas, como pueden tener los dispositivos móviles o los ordenadores. En consecuencia, es necesario desarrollar tecnologías de seguridad que permitan el uso seguro y protegido de los dispositivos IoT.

En definitiva, la tecnología IoT es capaz de revolucionar la forma como se llevan a cabo los procesos y tareas en diversos ámbitos, desde el hogar hasta la industria. Sin embargo, es necesario que se continúe trabajando en medidas para mejorar la seguridad

de los dispositivos IoT y en la implementación de nuevas tecnologías que permitan un control y un uso más eficiente de la información recolectada. (Zhang, 2020)

2.1.2 Impacto de los sistemas IoT en los procesos industriales

IoT se ha convertido en una revolución tecnológica que está contribuyendo a mejorar la eficiencia y el rendimiento de muchas industrias. Según el informe de McKinsey Global Institute en 2015, se prevé que IoT pueda tener un impacto económico de entre \$4 y \$11 billones de dólares para el año 2025.

La implementación de los sistemas IoT en la industria permite recopilar datos en tiempo real de todos los procesos y componentes, lo que permite una mejor toma de decisiones, la automatización y la optimización. Al obtener datos precisos, los procesos de producción pueden ser programados de manera más efectiva y eficiente, lo que resulta en una reducción del desperdicio, mayores tasas de producción y ahorros de costos. Además, la monitorización remota de los sistemas permite una atención más rápida a cualquier problema que se pueda presentar, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorando la eficacia de la producción. (McKinsey Global Institute, 2015)

Además, la tecnología IoT también está impactando en las áreas de seguridad y sostenibilidad. Los sensores inteligentes permiten monitorear y controlar la seguridad y los riesgos medioambientales continuamente. También ayudan a garantizar que el ambiente de trabajo sea más seguro para los trabajadores al controlar la calidad del aire, la iluminación y la humedad. Esto ha llevado a un aumento en la productividad en el trabajo y la calidad general del entorno de trabajo.

En conclusión, el impacto de los sistemas IoT en la industria es incalculable. Su capacidad para recopilar datos precisos, automatizar procesos y monitorizar a distancia

permite a las empresas mejorar la eficiencia, la seguridad en el trabajo y la sostenibilidad, lo que a su vez conduce a una mayor productividad y ahorro de costos. Se espera que el uso de sistemas IoT en la industria siga creciendo en los próximos años, haciendo posible una producción más efectiva y eficiente. (McKinsey Global Institute, 2015)

2.2 Descripción de equipos utilizados

A continuación, se describe los componentes más relevantes utilizados en el diseño e implementación del proyecto los cuales conforman el nuevo sistema IoT de la tina polivalente en la corporación “El Salinerito”.

2.2.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) de la marca Wecon es un tipo de dispositivo electrónico diseñado para controlar procesos de producción industrial. Un PLC Wecon consta de una serie de entradas, salidas y un procesador central que permite la programación del sistema para que responda a una serie de eventos y condiciones. El software utilizado para programar el PLC Wecon tiene una interfaz amigable y se puede adaptar a diferentes necesidades de producción. En general, los PLC Wecon son una opción popular para la automatización industrial debido a su alto rendimiento que permite controlar de una forma automática procesos y máquinas (Wecon, 2022), en la figura 1 se aprecia el PLC en su forma física.

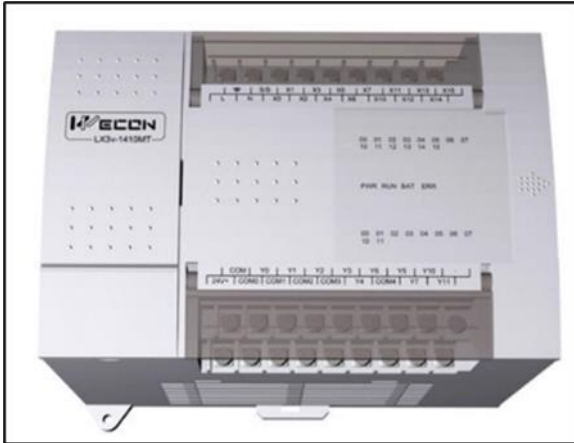


Figura 1: PLC LX3VP-1212MR2H-A de Wecon. (Wecon-technology, 2023)

Especificaciones del PLC LX3VP-1212MR2H-A de Wecon:

- CPU de 32 bits
- 12 entradas digitales (NPN/PNP)
- 12 salidas digitales (relevador)
- 2 entradas analógicas (0-10V/4-20mA)
- 2 salidas analógicas (0-10V/4-20mA)
- Pantalla táctil opcional
- Comunicación RS485 y Ethernet
- Admite expansión de E/S
- Admite programación en lenguaje Ladder y C

2.2.2 Variador de Frecuencia

Un variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que controla la velocidad de un motor eléctrico alterando la frecuencia de alimentación de energía eléctrica a ese

motor. El variador de frecuencia ajusta la frecuencia de la energía eléctrica para que coincida con la velocidad del motor, lo que permite un mayor dominio de la velocidad de rotación del motor. Los variadores de frecuencia se utilizan comúnmente en aplicaciones industriales y comerciales donde es necesario controlar la velocidad de los motores de manera precisa y eficiente (Gurav, 2018), en la figura 2 se observa el componente.



Figura 2: Variador de Frecuencia VM-2S2R2 de Wecon. (Wecon-technology, 2023)

Principales características del variador de frecuencia:

- Inversor de 2.2 kWh y 3x220 V monofásico.
- Frecuencia de salida: SVC: 0-320Hz y V/F:0-1000Hz con un incremento del 60% en la base de la serie 8000B.
- Tasa de respuesta de alta velocidad.
- Necesita poco espacio para el montaje gracias a su tamaño compacto.

2.2.3 V-BOX (Gateway IoT)

V-BOX es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar las máquinas

automatizadas. V-BOX de la marca Wecon, tiene la capacidad de integrarse con una amplia variedad de controladores de lógica programable y otros dispositivos de control, lo que lo hace muy versátil en diversos entornos de producción. Además, V-BOX de Wecon también permite la programación de procesos utilizando lenguajes de programación como Java y C++, lo que facilita la personalización del sistema según las necesidades del usuario en la producción industrial (Zhang, 2020), en la figura 3 se aprecia el componente.



Figura 3: Variador de frecuencia VM-2S2R2 de Wecon. (Wecon-technology, 2023)

Una de las principales características de V-BOX de Wecon es su capacidad para ser monitoreado y controlado de forma remota a través de una conexión Ethernet. Esto hace posible que los operadores y supervisores controlen los procesos y hagan ajustes en tiempo real desde cualquier lugar donde estén conectados. Además, V-BOX es confiable debido a su capacidad para detectar errores y notificar a los operadores sobre ellos, lo que permite una rápida solución de problemas y minimiza el tiempo de inactividad. (Zhang, 2020)

Especificaciones:

- Monitoreo en tiempo real desde una computadora gracias a Cloud SCADA o desde dispositivo móvil por medio de App V-BOX.
- Conexión a internet 2G, 4G, WIFI o Ethernet.
- No requiere recargos mensuales por utilización de la nube.
- Registro histórico y alarmas.
- Puertos seriales y Ethernet para conexión con diverso dispositivo.

2.2.4 Fuente de alimentación a 24 VCC

La serie MDR de Meanwell es una gama de fuentes de alimentación de riel DIN ultradelgadas con una potencia nominal de 10 W a 100 W. Estas fuentes de alimentación están diseñadas para ser instaladas en carriles DIN en armarios eléctricos y se utilizan en aplicaciones industriales. Las fuentes de alimentación MDR tienen un rango de entrada de 85-264 VCA y una salida de hasta 48 VCC, en la figura 4 se aprecia el componente.



Figura 4: Fuente de alimentación a 24 VCC de Wecon. (Wecon-technology, 2023)

Especificaciones:

- Entrada CA universal / Rango completo

- Instalado en carril DIN TS-35 / 7,5 o 15
- Protecciones: Cortocircuito / Sobrecarga / Sobretensión
- Consumo en vacío <0,75W (<1W para MDR-100)
- Indicador LED de alimentación encendido
- PFC activo integrado y sobre temperatura. (MDR-100)
- Salida de señal CC OK (MDR-10/20);
- Contacto de relé CC OK (MDR-40/60/100)
- Refrigeración por convección de aire libre
- VCC de salida ajustable (MDR-20~100)

2.2.5 Pantalla HMI

El HMI PI3043eS-N es una pantalla táctil industrial fabricada por Pro-face, una compañía especializada en soluciones para interfaces hombre-máquina (HMI). Esta pantalla táctil tiene un tamaño de 7 pulgadas y una resolución de 800 x 480 píxeles, lo que la hace ideal para aplicaciones industriales que requieren visualización y control avanzados, en la figura 5 se aprecia el componente.

El uso de interfaces HMI en aplicaciones industriales permite mejorar la eficiencia y la productividad al brindar a los operadores una forma intuitiva y sencilla de interactuar con los sistemas automatizados. De esta manera, las interfaces HMI ayudan a reducir errores y tiempos de inactividad, lo que se traduce en una mayor rentabilidad y

satisfacción del cliente, en la figura 5 se observa la interfaz gráfica de Wecon diseñada por los autores del proyecto.



Figura 5: Pantalla de 7 pulgadas de Wecon. (Wecon-technology, 2023)

Especificaciones:

- Tamaño de pantalla: La pantalla táctil del PI3043ie/PI3043ieS-N tiene una diagonal de 7 pulgadas.
- Resolución de pantalla: La resolución de la pantalla es de 800 x 480 píxeles.
- Conectividad: Ethernet, USB, RS-232C.
- Protección ambiental: protección ambiental tipo 4X.
- Memoria y almacenamiento: Dispositivo de almacenamiento flash de 512 MB y una memoria RAM de 512 MB.
- Software: viene con software EasyBuilder Pro, que permite a los usuarios diseñar y personalizar las pantallas y gráficos que se mostrarán en la pantalla.

2.2.6 Electroválvula

Una electroválvula es un dispositivo electromecánico utilizados para controlar el

caudal de líquidos o gases en una tubería mediante la apertura o cierre del flujo. Se activa a través del envío de impulsos eléctricos a un solenoide, lo que provoca que se abra o cierre la válvula. La electroválvula es comúnmente utilizada en la industria alimentaria y de bebidas, la farmacéutica, así como en sistemas de automatización industrial. Su uso permite un mayor control y eficiencia en la producción industrial (Cervantes, 2015), en la figura 6 se observa el componente físico de la electroválvula que fue usada en el proyecto.



Figura 6: Electroválvula. (Wecon-technology, 2023)

2.2.7 Motor trifásico

Un motor trifásico industrial es un motor eléctrico que utiliza una fuente de energía trifásica para generar un campo magnético rotativo que impulsa el rotor y genera la potencia mecánica. Este tipo de motor se usa comúnmente en aplicaciones industriales debido a su alta eficiencia, alta potencia y bajos costos de energía.

Los motores trifásicos pueden tener una amplia variedad de capacidades y configuraciones, lo que los hace adecuados para una gran cantidad de aplicaciones diferentes en la industria, desde pequeños ventiladores hasta grandes bombas y compresores. (Lipo, 2019)

El motor existente en la fábrica tiene las siguientes características:

- Potencia de 1.5 HP.
- Eficiencia $\text{Cos } \varphi$ 0.79.
- Voltaje en estrella 400 V.
- Voltaje en delta 230 V.
- Protección Ip55.
- Rango de corriente: 2.48 A – 4.57 A.

2.3. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

2.3.1 Protocolo de comunicación Modbus TCP/IP

El Protocolo Modbus TCP/IP es un estándar en la comunicación ampliamente utilizado en aplicaciones industriales. Su objetivo es permitir la comunicación de datos entre dispositivos electrónicos a través de una red local o de Internet. El protocolo Modbus TCP/IP se basa en el protocolo Modbus original y se ajusta a los estándares de la Internet Engineering Task Force (IETF) y de la Open Systems Interconnection (OSI). Este protocolo ha sido utilizado en la industria durante varias décadas debido a su facilidad de implementación y su eficiencia. (Axel, 2023)

Según E. Axel “Modbus Protocol – Modbus Protocol Basics” (2017), el protocolo Modbus TCP/IP utiliza una arquitectura cliente-servidor, con la cual el dispositivo cliente envía una solicitud de datos al servidor, que, a su vez, responde con los datos solicitados como se muestra en la figura 7. Esta arquitectura permite la comunicación eficiente de datos entre dispositivos electrónicos.

Este protocolo se aplica en diferentes sectores de la industria, como la producción manufacturera y la automatización de edificios. Además, su implementación es sencilla y abierta, lo que permite la comunicación eficaz entre dispositivos de diferentes fabricantes. (Axel, 2023)

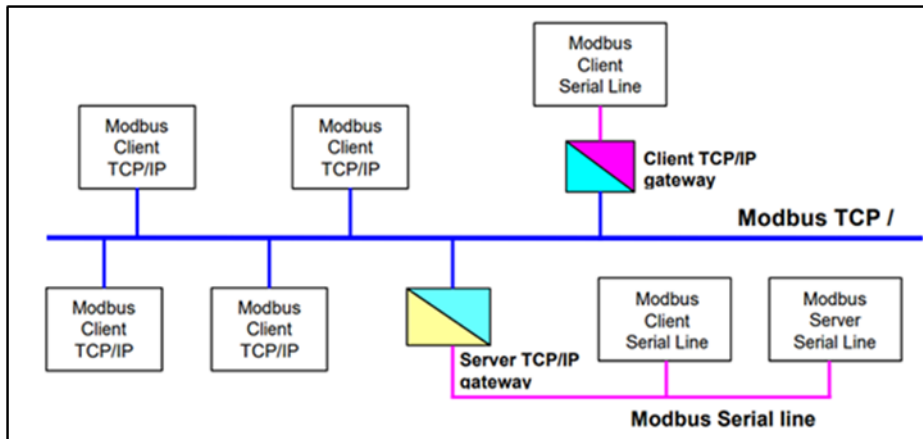


Figura 7: Protocolo de comunicación Modbus TCP/IP. (Schneider Electric, 2023)

2.3.2 Protocolo de comunicación Ethernet Industrial

El Protocolo de Comunicación Ethernet Industrial es una tecnología utilizada en entornos industriales para la conexión de dispositivos y sistemas. Este protocolo es una extensión del clásico Ethernet, específicamente diseñada para cumplir con los requerimientos particulares de la industria, que incluyen alta disponibilidad, seguridad, y control de calidad. De acuerdo con (Schneider Electric, 2023), la implementación de este protocolo aporta una solución robusta, eficiente y escalable para satisfacer las necesidades de las redes de control de la industria. Permite la conexión de dispositivos en tiempo real, el monitoreo y control de procesos, y una alta resiliencia a fallas en la red. (Schneider Electric, 2023). En la figura 8 se muestra como está diseñado el protocolo de comunicación Ethernet y las capas que intervienen en la transmisión de datos.

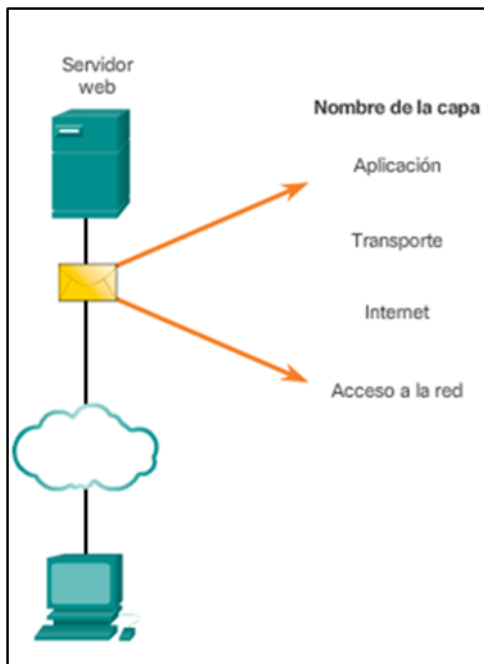


Figura 8: Protocolo de comunicación ethernet. (Schneider Electric, 2023)

2.3.3 Protocolo de comunicación RS-485

El protocolo de comunicación RS-485 es una tecnología utilizada en la transmisión bidireccional de datos en redes seriales de comunicación, especialmente en entornos industriales.

De acuerdo con W. Grant en su libro “Electronics Principles and Applications” (2015), el protocolo RS-485 se caracteriza por su alta inmunidad a interferencia eléctrica y su capacidad para conectar varios dispositivos en una red. Además, puede transmitir datos a distancias de hasta 1.2 km con una velocidad máxima de hasta 10 Mbps. Por lo tanto, este protocolo es especialmente útil en aplicaciones de automatización industrial que requieren una gran cantidad de transmisión de datos de alta velocidad. (Grant, 2015). En la figura 9 se muestra el protocolo de comunicación RS-485, donde el RS485 Pi representa al PLC y RS-485 Device representan los paneles de comunicación del usuario y una máquina.

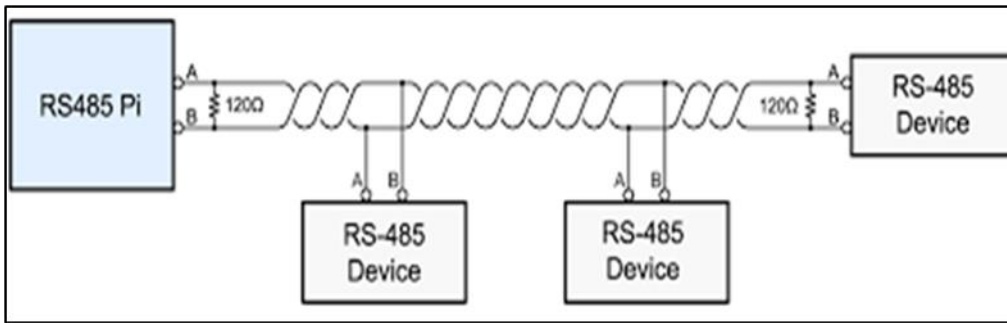


Figura 9: Protocolo de comunicación RS-485. (Schneider Electric, 2023)

2.4 Proceso de elaboración de queso con enfoque en la industria 4.0

El proceso de Producción de queso es una combinación de arte y ciencia que va evolucionando con el pasar de las generaciones. Aunque las técnicas de elaboración y los ingredientes pueden variar según el tipo de queso que se esté produciendo, existen varios pasos generales en el proceso de elaboración de queso. Además, en la actualidad, la industria 4.0 ha comenzado a tener un impacto significativo en el proceso de producción de quesos, mejorando la eficiencia y la calidad del producto final.

2.4.1 Descripción general del proceso tradicional

En la industria láctea y con mayor énfasis en la rama artesanal la producción y elaboración de queso se establece como una actividad de gran proyección. (González, 2010), el queso es un alimento nutritivo y versátil, que forma parte de la gastronomía y la cultura de muchos países.

Una gran variedad de quesos se elabora a partir de la leche de diferentes animales, como vacas, ovejas o cabras, que se somete a un proceso tradicional generalizado, que comienza con la obtención de la leche en los campos y establos, el uso de la tecnología en este primer punto del proceso permite acciones preventivas gracias al ordeño mecánico que aumenta el bienestar y la productividad de los animales en la etapa del ordeño.

Continuando con el proceso en la etapa del transporte de la materia prima, este debe estar registrado y cumplir con los requisitos higiénicos sanitarios básicos que solicita la Agencia de regulación y control fito y zoonosanitario además el personal debe ser capacitado sobre su designación ya que la leche en su traslado dependiendo de su volumen y distancia debe mantener una temperatura para garantizar su inocuidad.

En la última etapa del proceso llega la planta donde implica una serie de pasos que permiten obtener un producto homogéneo, seguro y de calidad. Estos son los principales pasos generalizados que se siguen en una fábrica de quesos:

Recepción

Se recibe la leche proveniente de diferentes granjas y se somete a un control de calidad para verificar su composición, acidez, higiene y ausencia de antibióticos. Luego se almacena en tanques refrigerados hasta su uso.

Pasteurización

La pasteurización es un proceso que combina tiempo y temperaturas diferentes con el propósito de destruir los microorganismos patógenos que se pueden encontrar en la leche cruda. (Guaraca & Guaraca, 2019)

Coagulación, Corte y extracción

Se añade cuajo que es una enzima que provoca la separación en la leche el cuajo que viene a ser la parte sólida que contiene la principal proteína de la leche “la caseína” y el suero que es la parte líquida el cual se extrae mediante prensas filtros o centrifugadoras, se corta el cuajo gracias a unas cuchillas para ayudar en la extracción del suero.

Presado

Se coloca el cuajo en moldes dependiendo del tipo de queso y del tamaño y se le aplica una presión para compactarlo y eliminar el exceso de suero, este paso va a depender del tipo de queso que se está elaborando.

Salado

El salado se lo puede realizar por diferentes maneras ya sea por inmersión en salmuera, por frotación con sal seca o por aspersion con sal líquida, las características de este paso también van a depender del tipo de queso que se va producir.

Maduración

El queso se almacena en cámaras donde se puede controlar las condiciones de temperatura, humedad y ventilación para que el producto desarrolle todas sus características de sabor, aroma, color y textura. Este es un paso importante para la obtención de diferentes tipos de producto final gracias a la variación del tiempo y las condiciones mencionadas.

2.4.2 Desafíos y oportunidades en la producción de queso

La producción de queso en Ecuador es una actividad importante para la economía del país. Según datos de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), para el año 2020 la producción de leche en el Ecuador fue de 6.152.841 litros cada día, lo que implica que la producción de leche cruda tuvo una reducción del 6% en relación con el 2019. (CIL Ecuador, 2021), Sin embargo, la producción de queso en Ecuador enfrenta varios desafíos, como la falta de tecnología y equipos modernos, la falta de capacitación y el bajo nivel de inversión. (Simoes & Hidalgo, 2021)

Uno de los principales desafíos a los que los productores de queso se enfrentan en el país es la falta de equipos modernos y financiamiento para mejorar la calidad y la competitividad de sus productos. La producción de quesos requiere de maquinaria especializada, instalaciones adecuadas, insumos de calidad y capacitación constante. Sin embargo, muchos productores no cuentan con los recursos suficientes para acceder a estos elementos, lo que limita su capacidad de innovar y adaptarse a las demandas del mercado. Esta situación afecta tanto a los pequeños como a los medianos y grandes productores, que se ven obligados a competir con productos importados que tienen mejores estándares de calidad y precios más bajos.

A pesar de estos desafíos, los productores luchan e indagan ya que existen muchas oportunidades para mejorar la producción de queso en Ecuador. Por ejemplo, se pueden mejorar las técnicas de producción y se pueden introducir nuevas variedades de queso para satisfacer las demandas del mercado. (Simoes & Hidalgo, 2021) Además, el gobierno ecuatoriano ha implementado políticas para apoyar a los productores de queso y mejorar la calidad del producto. (Heifer internacional, 2021)

Como complemento a las políticas para apoyar a los productores están los avances tecnológicos y la Industria 4.0 que llegó para ayudar a mejorar la calidad de los productos sin perder el control del proceso de elaboración de cualquier derivado de la leche como son el queso, el yogurt, cuajada, suero, mantequilla etc.

2.4.3 Automatización y control de procesos mediante sensores inteligentes.

Los sensores inteligentes empiezan su emocionante historia en el año 1969 con su primer y muy sencillo dispositivo desde entonces han sido tema de conversación gracias a sus avances hasta los dispositivos complejos actuales que integran muchas funciones realizadas de manera automática. El desarrollo de estos revolucionarios componentes ha

permitido aumentar la eficiencia, calidad y velocidad de los procesos industriales. (Custodio, Bragós & Pallás, 1999)

Por las palabras Automatización y Control en conjunto se entiende como: el sistema que recoge datos, los procesa y genera órdenes autónomas que permiten la comprobación, inspección, fiscalización e intervención de entornos y la comunicación con los usuarios. (Institución Universitaria Esumer, 2018)

Como menciona Mario Fernández, presidente de ACCA (Asociación Chilena de Control Automático) en una entrevista para la Revista Electro Industria: “La información registrada puede ser enviada a la nube mediante la alta variedad de productos IoT disponibles hoy en día a medida que se va recolectando, lo que permite tomar decisiones de operación inmediata o hacer un seguimiento estadístico de la información para poder realizar cambios estratégicos propios de la Industria 4.0”.

Y además menciona que “Esta disponibilidad de productos electrónicos directamente vinculada a sistemas mecánicos o procesos, permite la elaboración de productos mecatrónicos altamente eficientes, con la posibilidad de ser reconfigurados para diferentes necesidades y satisfacer las necesidades de una industria tan demandante como la de nuestros tiempos”. (ElectroIndustria, Junio 2020)

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO E IMPEMENTACION

3.1 Diseño del tablero de control IoT

Este capítulo describe los componentes tecnológicos que existente en la Corporación “El Salinerito”, así como las tecnologías adoptadas y los nuevos componentes implementados en la planta de producción, este capítulo tiene como objetivo que el lector tenga una comprensión clara del nuevo sistema implementado el cual está basado en el concepto de dar apoyo a los componentes existentes y a dar solución al problema planteado anteriormente.

3.1.1 Descripción de tina polivalente y sus funciones principales

La tina polivalente es un componente clave en distintas aplicaciones, como la industria química, alimentaria, farmacéutica, entre otras. Una tina polivalente la cual se muestra en la figura 10, es una unidad de procesamiento que puede incluir una serie de funciones, en la elaboración de quesos es principalmente utilizada para la mezcla de líquidos y sólidos, la disolución de agentes coagulantes, la transferencia de calor, el enfriamiento o la cocción, entre otras posibles opciones. Esta flexibilidad hace que la tina polivalente sea un equipo de procesamiento popular y versátil en múltiples industrias.

Una de las principales ventajas de la tina polivalente es que puede ser personalizada y diseñada de acuerdo a los requerimientos específicos de la aplicación, el tipo de producto y el proceso de producción. Además, puede ser escalable y modular, lo que permite que se adapte a cambios en la capacidad de producción y varía los requisitos de los procesos en desempeño.



Figura 10: Tina polivalente. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Tina polivalente existente en la fábrica con capacidad de 1000 L para la elaboración de quesos.

Principales funciones de la tina polivalente en la corporación “El Salinerito” en la elaboración de quesos:

- a) Agitación de la leche para mezcla y homogeneización.
- b) Calentamiento de la leche para pasteurización y calentamiento de la masa de queso durante la acidificación.
- c) Variación de la temperatura del suero y la curva de acidificación.
- d) Adición de cultivos iniciadores en el momento deseado para optimizar el tiempo de maduración.
- e) Permite la elaboración de diversos tipos de quesos, incluyendo aquellos que varían en su tiempo de maduración, contenido de grasa y humedad.
- f) Control y precisión en la producción del queso.

g) Mejora en el tiempo de maduración y las características organolépticas del queso.

3.1.2 IoT en la elaboración de quesos

El uso de dispositivos IoT en la industria quesera ayuda a monitorear y controlar el proceso de producción, lo que permite identificar y solucionar problemas de manera más rápida, evitando errores y desperdicio de insumos.

Asimismo, la incorporación de sensores IoT para medir la temperatura y la humedad en el proceso de elaboración de quesos permite un control más preciso de estas variables, en la corporación “El Salinerito” se introduce un V-BOX (Gateway IoT) logrando que la producción de queso sea más consistente y uniforme. Además de utilizar tecnología IoT para monitorear el tiempo y temperatura de maduración del queso y asegurar que se alcance el sabor y la textura deseados, en la figura 11 se puede observar el dispositivo IoT montado en el tablero de control.

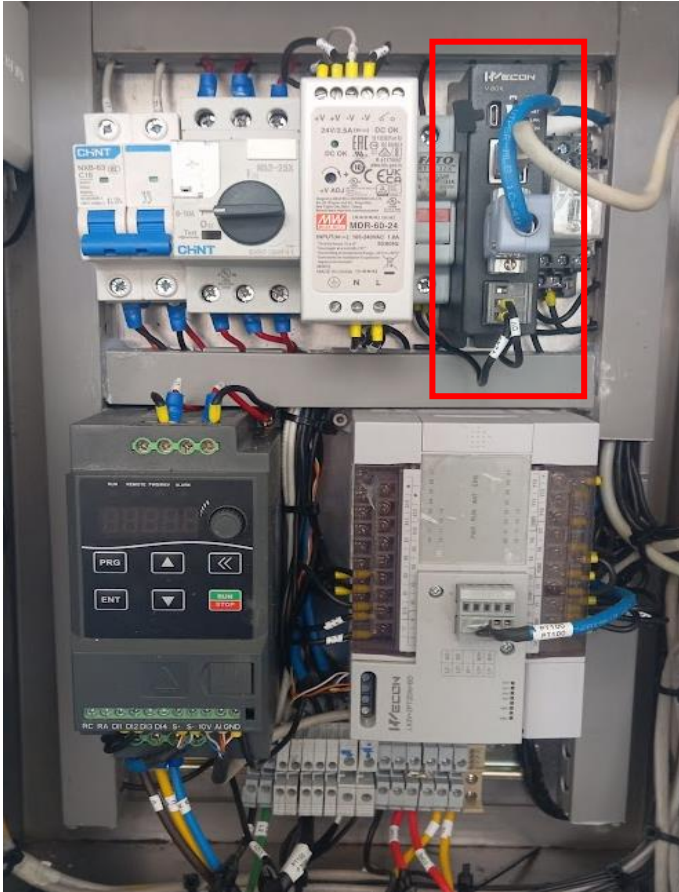


Figura 11: Tablero de control con IoT (V-BOX) (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Tablero de control implementado con sus componentes de control para el sistema con tecnología IoT.

3.1.3 Motor trifásico en la corporación “El Salinerito”

En la corporación “El Salinerito” se tiene un motor trifásico jaula de ardilla cuyas características se menciona en el capítulo dos, luego de realizar las pruebas de funcionamiento, se estableció que el motor sigue en óptimas condiciones a pesar de llevar varios años de estar inactivo, por lo cual no se realiza cambios en su estructura y se realiza la conexión directa al variador de frecuencia, en la figura 12 se aprecia el componente de manera física.

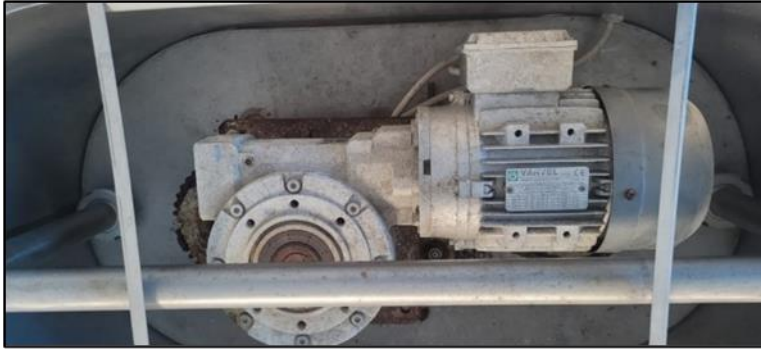


Figura 12: Motor Trifásico. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Motor trifásico existente en la fábrica junto a una caja reductora.

3.2 Diseño de arquitectura y redes de comunicación de sistema IoT

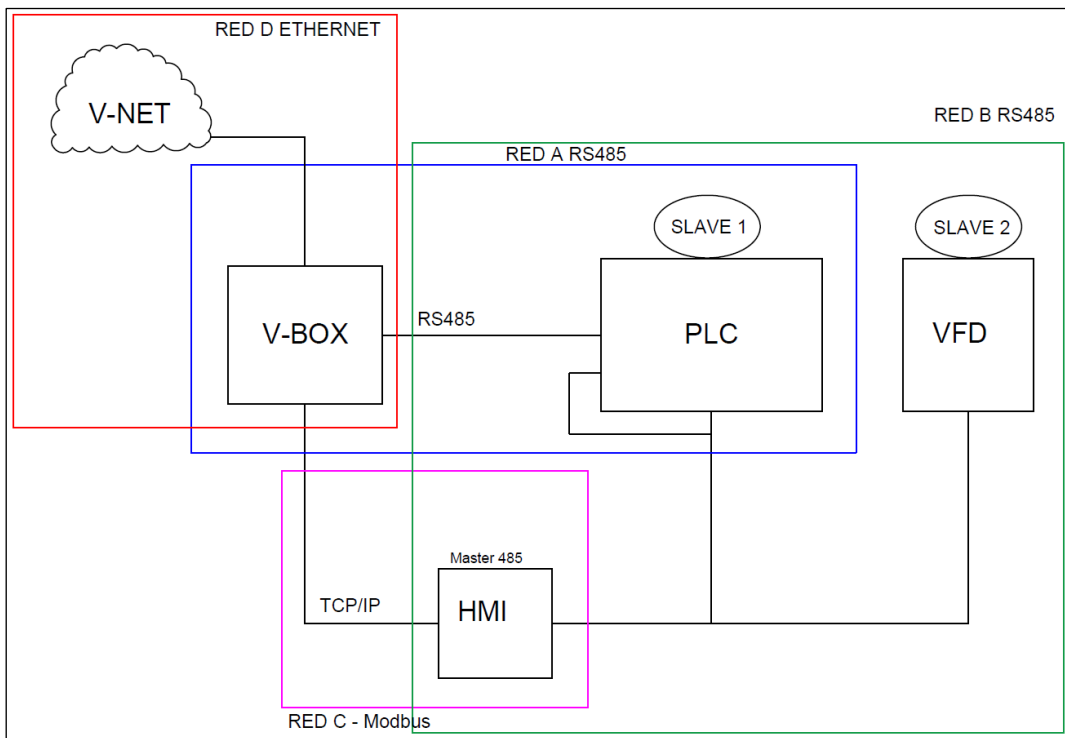


Figura 13: Topología de conexión de tablero de control. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Estructura de las redes implementadas para el control de la tina polivalente y la adquisición de datos.

Para el diseño de red del proyecto se utiliza varias redes de comunicación entre

las cuales tenemos el protocolo de comunicación industrial Modbus TCP/IP, RS-485 y Ethernet industrial. Las cuales se conectan de la siguiente manera:

En la RED A y RED B tenemos la conexión RS-485 para la comunicación entre el variador de frecuencia, PLC, V-BOX y HMI con esta conexión se tiene una comunicación bidireccional lo que quiere decir que la comunicación puede ser tanto en modo transmisión como en modo recepción, permitiendo la transmisión y recepción de datos en ambos sentidos, además de una mayor velocidad y distancia de comunicación al reducir los problemas de interferencia y ruido electromagnético.

En la RED C se tiene una conexión Modbus TCP/IP para lograr la conexión entre el V-BOX (Gateway IoT) y el HMI en donde se configura al HMI como cliente y al V-BOX como servidor el cual servirá como pasarela de conexión a la nube.

En la RED D se tiene una conexión ethernet industrial debido a que el V-BOX es la pasarela para la conexión entre la nube y el tablero de control, como se muestra en la figura 13.

3.3 Diseño de circuito eléctrico principal

3.3.1 Diseño del circuito de fuerza

En el nuevo circuito de fuerza, representado en la figura 14, se alimenta de una red de 220V el cual suministra energía a todo el sistema, para el accionamiento de la tina polivalente se emplea un variador de frecuencia el cual controla un motor trifásico de 1.5 HP que se encuentra incorporado en la parte superior interna de la tina polivalente y cumple con la función de corte y coagulación de la leche en la elaboración de quesos, el variador de frecuencia tiene varias funciones primordiales para el correcto funcionamiento de la máquina, las cuales son:

- El giro en sentido horario, gracias a la forma de las aspas la tina polivalente realiza la mezcla de los aditivos con la leche para llegar a la coagulación.
- El giro en sentido antihorario cumple la función de corte de la leche previamente coagulada.
- Controla la velocidad para realizar la mezcla y homogeneización con otros elementos.

Para la protección de estos elementos tanto del variador como del motor eléctrico se encuentra incorporado un disyuntor y guardamotor en paralelo como se muestra en la figura 14.

Gracias al rango de tolerancia de entrada de alimentación del PLC Wecon incorporado, no es necesario la utilización de fuentes externas para su funcionamiento, por lo cual se conecta directamente a la red de 220V ya que el PLC está diseñado para operar adecuadamente a este voltaje.

En este circuito se utiliza una fuente de 24 VCC para realizar la alimentación de la pantalla HMI, V-BOX, debido a que estos elementos antes mencionados trabajan a dicho voltaje es primordial el uso de la fuente para su conexión. Además, para la protección de estos elementos a la salida de la fuente de 24 VCC en la terminal positiva (+) se tiene un fusible de protección como se puede observar en la figura 14.

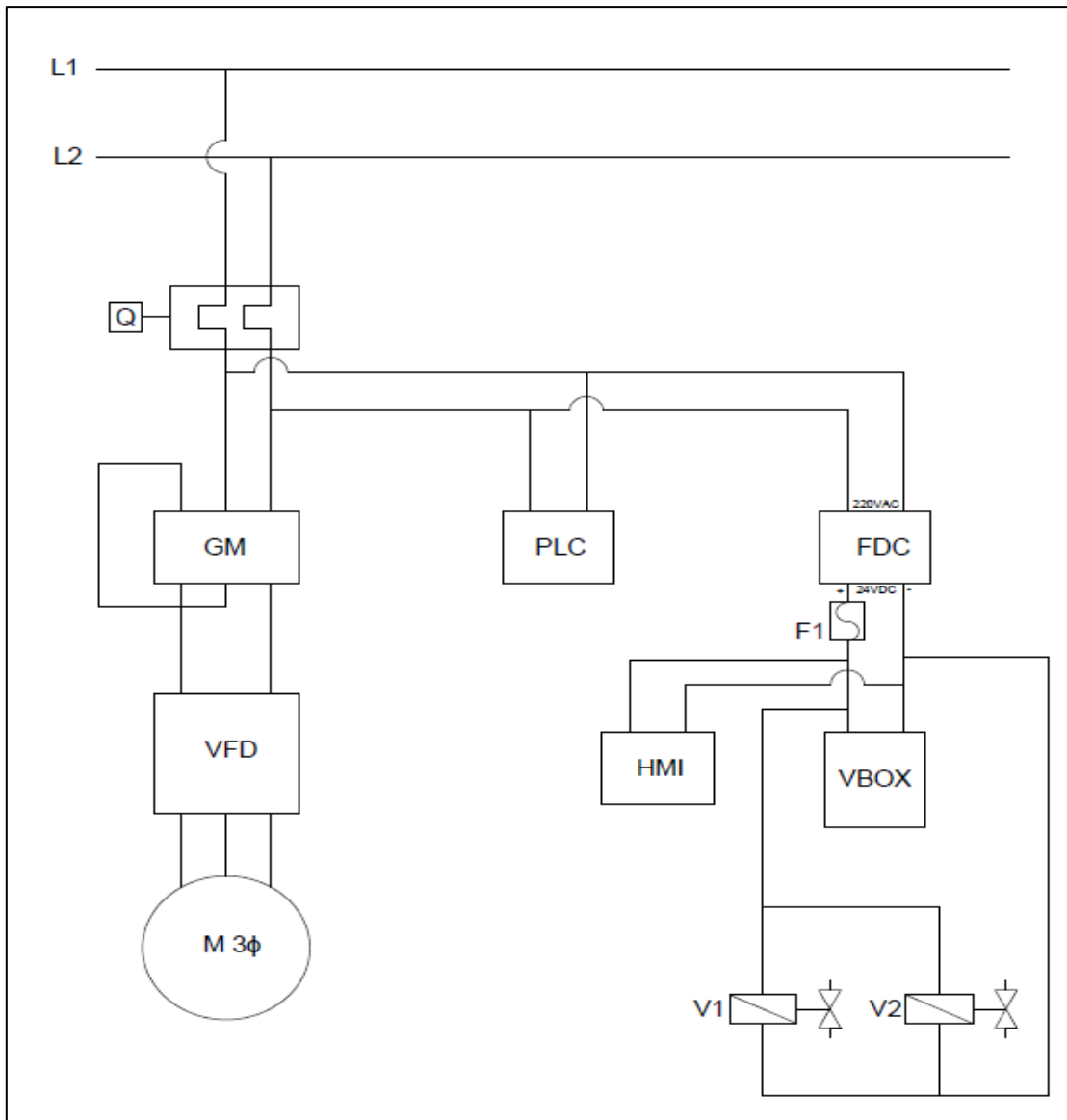


Figura 14: Diagrama de fuerza. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Diagrama unifilar de conexión para el sistema de fuerza del proyecto.

3.3.2 Diseño del circuito de Control

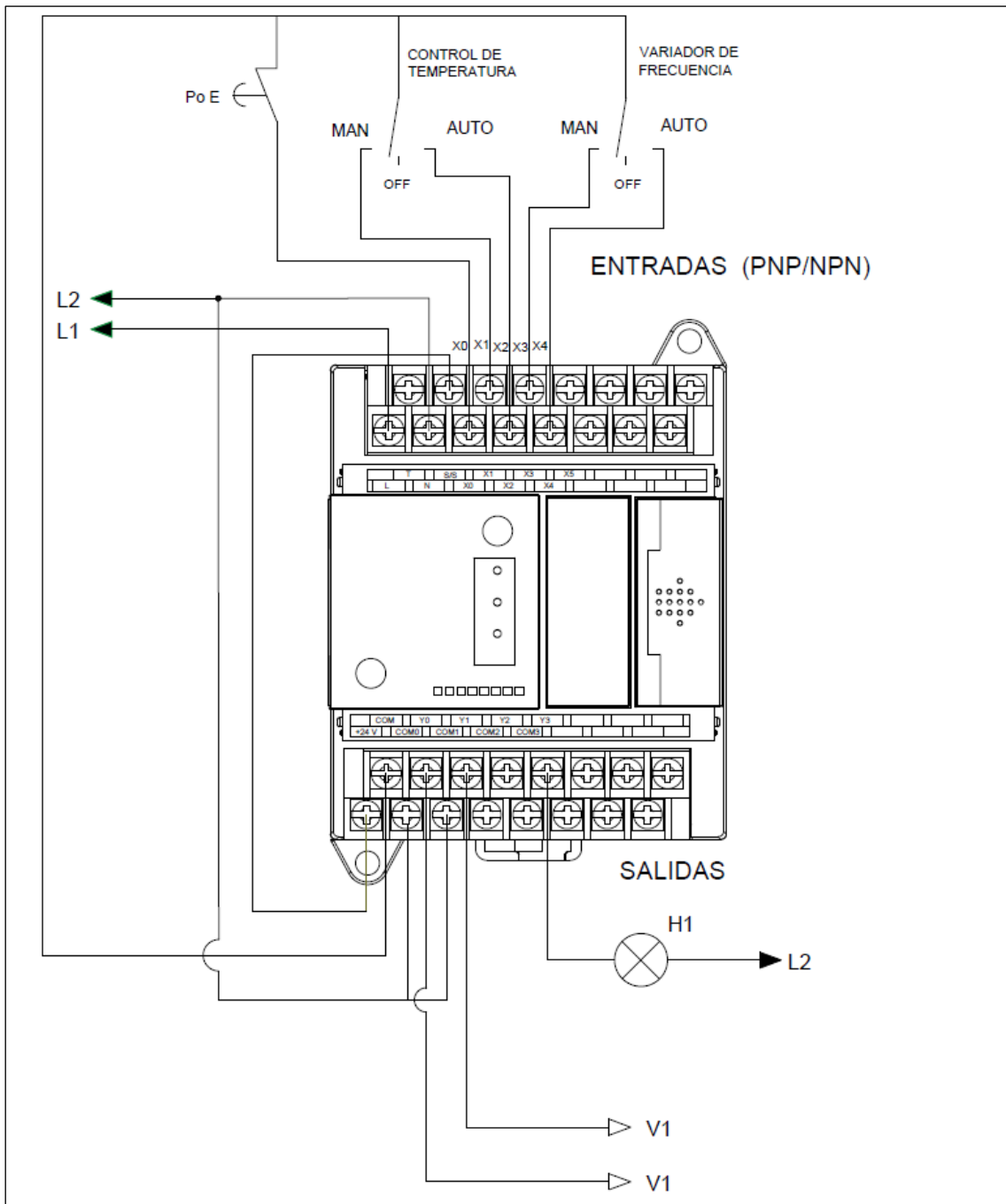


Figura 15: Conexión de control en PLC Wecon. (Fárez, 2023)

Nota: Diagrama de conexión para el circuito de control implementado en el proyecto.

Para el diseño del nuevo circuito de control, se ha elaborado el diagrama de la figura 15 donde se implementa un PLC LX3VP-1212MR2H-A de la marca Wecon con

el cual se controla las variables de entrada, las cuales se conectan a las entradas digitales del PLC, el cual tiene como máximo hasta 12 entradas sin embargo para esta aplicación tan solo se utiliza 4 entradas que van desde el X0 hasta el X4 la distribución de entradas se detalla en la tabla 1.

Tabla 1

Tabla de entradas.

Variable de entrada	Entradas digitales en PLC
Paro de emergencia	X0
Control manual de temperatura	X1
Control automático de temperatura	X2
Control manual del variador de frecuencia	X3
Control automático del variador de frecuencia	X4

Nota: Asignación de las variables de entrada a una entrada digital que tiene el PLC Wecon

De igual manera para las salidas, se usan 3 de las 12 que posee como máximo el PLC, las cuales se distribuyeron para accionar las electroválvulas y la alarma de temperatura como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Tabla de salidas en PLC Wecon

Variable de salida	Salidas digitales en PLC
Válvula de agua caliente	Y0
Válvula de agua fría	Y1

Nota: Asignación de las variables de salida a una salida digital que tiene el PLC Wecon

Para la conexión del variador de frecuencia se tiene en cuenta los parámetros de fabricante los cuales especifican tres maneras de controlar el variador los cuales pueden ser por conexión V-NET, pines de variador o HMI. Para este proyecto se emplea principalmente el control a través de pines de variador, cuya disposición se puede observar en la figura 16.

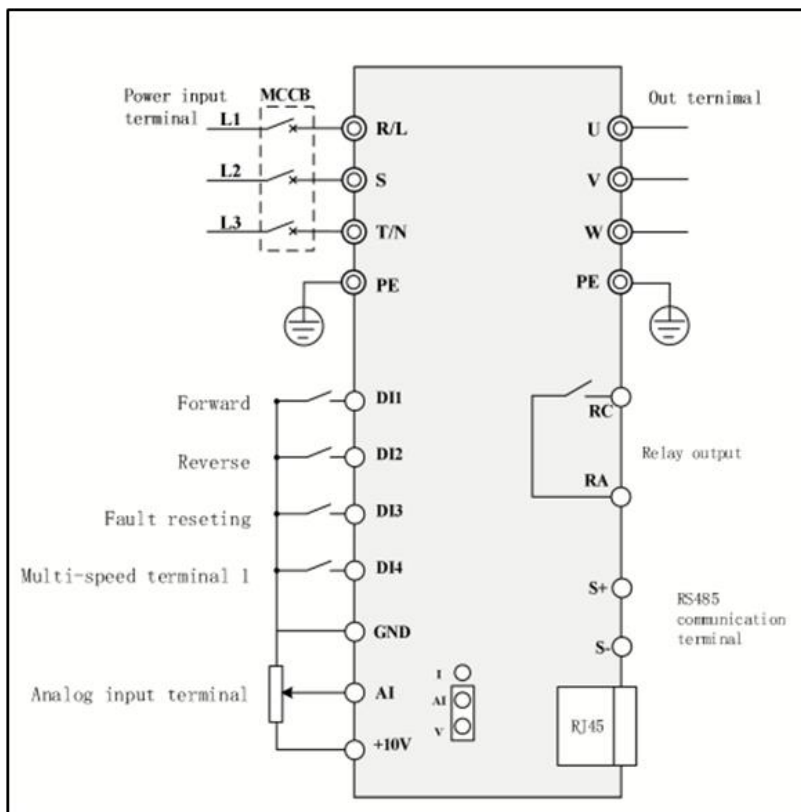


Figura 16: Diagrama de conexión de variador. (Wecon-technology, 2023)

Como se observa en la figura 16 al realizar el contacto de GND con los pines D11, D12 permite el control de giro en sentido horario y antihorario. Al igual que existe los pines correspondientes para el control de velocidad a través de un potenciómetro industrial y como salida los tres pines de conexión hacia el motor trifásico como se especifica en la tabla 3 a continuación.

Tabla 3

Conexión del variador de frecuencia.

Variable a controlar	Pines de conexión
Giro horario	D11
Giro antihorario	D12
Potenciómetro pin de voltaje (-)	GND
Potenciómetro pin central	AI
Potenciómetro pin de voltaje (+)	10v
Fase 1	U
Fase 2	V
Fase 3	W

Nota: Modo de conexión del variador de frecuencia a una variable determinada.

3.3.3 Programación del PLC Wecon

3.3.3.1 Programación principal

Para la programación del PLC tanto de su programa principal como de sus subrutinas con base en el diagrama de flujo del proceso que realiza la planta (figura 17) se la realizará mediante una programación por bloques Para ello se utiliza un lenguaje de programación basado en los clásicos esquemas eléctricos de control debido a que es el más popular en las industrias de autómatas programables, para la realización de este proyecto se tiene que desde el programa principal se establece la conexión con el variador de frecuencia, y a su vez realiza el llamado a las subrutinas las cuales forman parte de la

estructura del programa general, estas subrutinas son:

- Subrutina para el accionamiento de las electro-válvulas
- Subrutina para la adquisición de dato de temperatura y su escalamiento
- Subrutina para el control del variador de frecuencia.

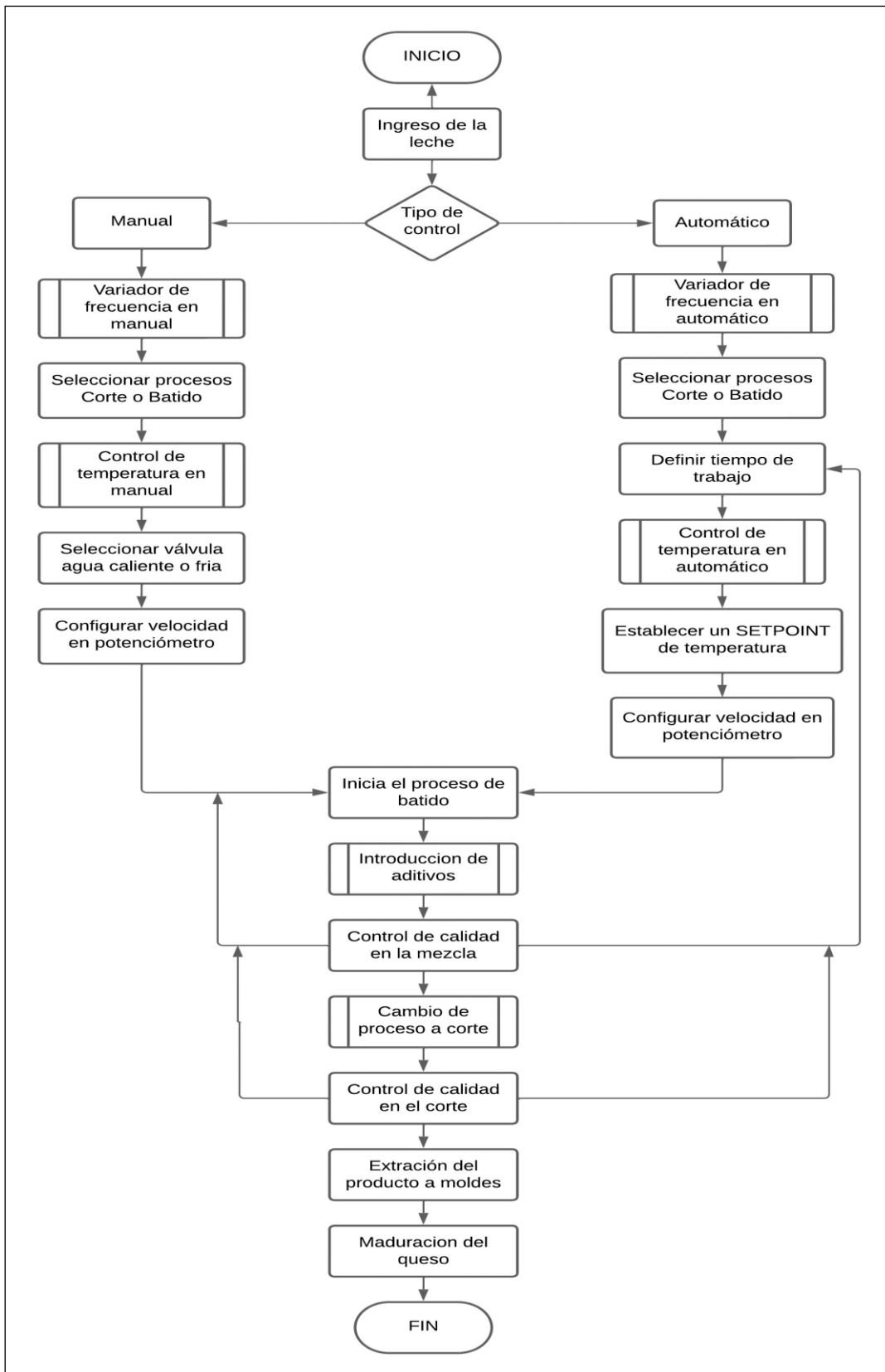


Figura 17: Diagrama de flujo de Proceso principal. (Fárez, 2023)

Nota: Diagrama de flujo del proceso control de la tina polivalente realizado en Visio

3.3.3.2 Subprograma para accionamiento de electroválvulas

La programación para el accionamiento de las electroválvulas, como muestra en la figura 18, tiene como objetivo controlar la temperatura en el proceso de elaboración de quesos maduros, este subprograma se ejecuta dependiendo de la posición del selector incorporado en el tablero de control, este puede ser de forma manual o de forma automática, en el caso de ser manual se tiene otro selector que nos permite encender la válvula de agua caliente o la de agua fría de manera manual y en caso de ser automático su accionamiento se ejecutara a través de la pantalla HMI o el mando a distancia a través de la red a la cual está conectada el HMI, según lo planteado el objetivo de esta sub rutina es calentar la tina a temperaturas que van a variar según el estado del proceso.

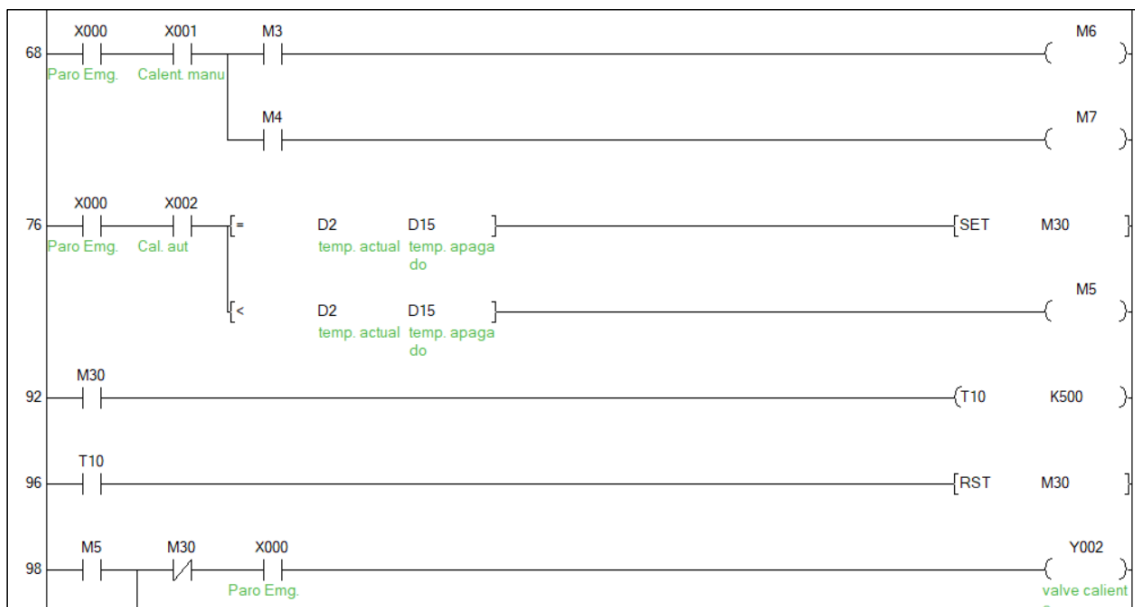


Figura 18: Programación para electroválvulas agua caliente. (Fárez, 2023)

Nota: Programación para control de las válvulas realizado en Wecon PLC Editor.

Como se puede observar en la figura 18 antes de iniciar al funcionamiento en sus dos formas manual y automática existe un contacto X000 el cual representa al botón de emergencia, al activarse dicho contacto mediante la botonera se inicia un paro total del

sistema. No se permite ingresar ninguna acción o comando hasta que el contacto se desactive. El sistema en su programación dispone de bloqueos, representados con M3 y M4, para evitar daños en el motor al invertir su giro y prolongar su vida útil.

3.3.3.3 Subprograma de adquisición y escalamiento de datos

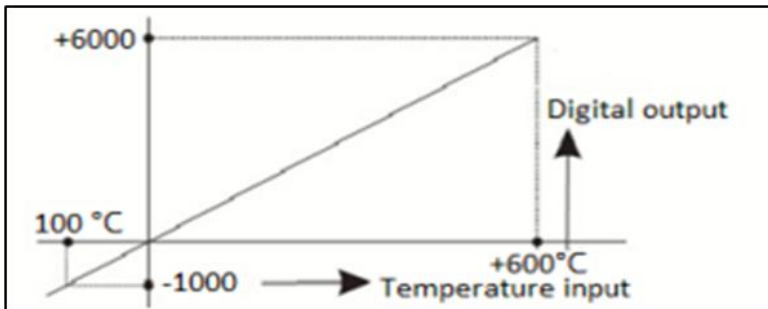


Figura 19: Características de conversión. (Wecon-technology, 2023)

Para la adquisición de datos se utiliza el módulo LX3V-2PT2DAI-BD el cual es para adquisición de datos, específicamente de una PT100 (sensor de temperatura). En este módulo se tiene un rango de detección de temperatura muy grande que van desde los -100 °C hasta los 600°C como se observa en la figura 19 para realizar el escalamiento de temperatura se lo puede realizar de 2 formas:

Para la primera forma es necesario realizar una regla de tres donde si se tiene una temperatura mínima de -100°C y como máxima de 600°C, en el PLC se tendrá un rango de resolución de -1000 bits en su estado mínimo y una resolución de 6000 bits a su temperatura máxima, como se indica en la figura 19.

En el caso del escalamiento de la segunda forma se obtiene la ecuación de la recta, la cual podemos observar en la figura 19, dicha ecuación se procede a programar en el subprograma del PLC donde nos dará el valor en grados centígrados.

Para este proyecto se utiliza la primera forma debido a que es la más sencilla y

práctica para llevar a cabo como se detalla a continuación en la figura 20.

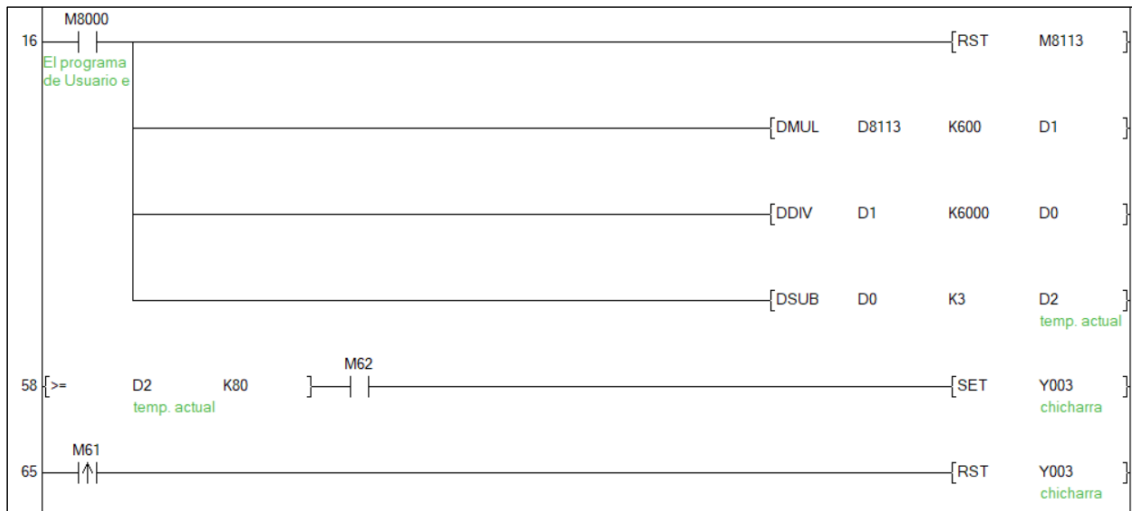


Figura 20: Escalamiento temperatura. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Programación de escalonamiento para la temperatura para los datos ingresados

En este subprograma realizado en el programa Wecon PLC editor, se adquiere el dato de la variable física a través de la marca M8113 y se guarda el dato en el registro D8113, para el escalado utilizamos la instrucción DMUL y colocamos el valor máximo que se quiere escalar en este caso es 600°C como mostro en la figura 19 entonces colocamos la variable K600, para el normalizado usamos la instrucción DDIV, como se observa en la figura 20, para el 600°C se tiene un valor máximo digital de 6000 y para -100°C se tiene un valor mínimo digital de -1000 por lo tanto en la instrucción DDIV colocamos el valor máximo K6000, el resultado de dicha división se va a almacenar en el registro D0.

Debido a la variación en la exactitud de los dispositivos de medición de temperatura utilizados la fábrica y para lograr una estandarización entre todas las tinas queseras de la corporación “El Salinerito”, se utiliza la instrucción DSUB para aumentar en 3°C al valor guardado en el registro D0 correspondiente a la temperatura actual, ya

que una vez realizado las pruebas de medición de temperatura con termómetros externos que utilizan los operadores para controlar la temperatura en el resto de las tinas queseras, se pudo observar una variación de 3 grados respecto al valor medido por la PT-100 instalada en la tina polivalente de este proyecto, una vez realizada la suma el valor se guarda en el registro D2.

3.4 Diseño de pantalla HMI con conexión a la V-net

3.4.1 Conexión V-BOX con la V-NET

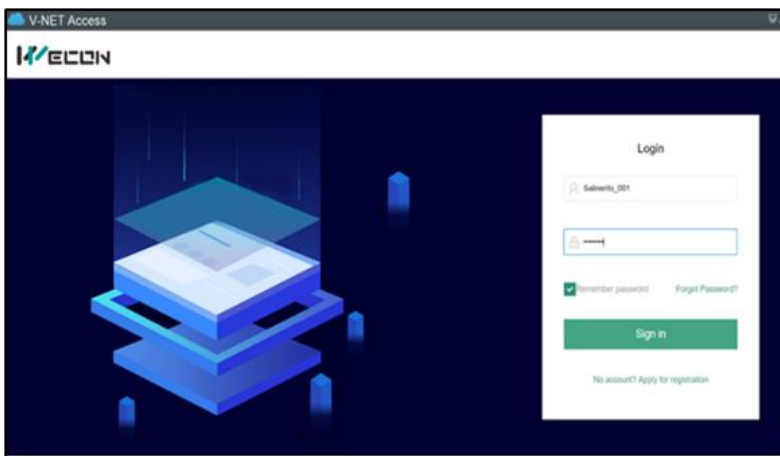


Figura 21: Interfaz en V-NET de Wecon. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Pantalla principal de registro del usuario para el ingreso a la interfaz de V-NET de Wecon.

Para realizar la conexión del V-BOX con la V-NET es necesario en primera instancia crear una cuenta en la plataforma de Wecon, la interfaz de V-NET es una plataforma especializada en IoT y permite la conexión de equipos industriales tanto de la marca Wecon como la de otras marcas ya que esta conexión se realiza a través de la V-BOX, con las credenciales determinadas por la corporación “El Salinerito” se realizó el registro y con esta se tiene acceso a toda la plataforma IoT que es usada para monitoreo y HMI en la nube como se muestra en la figura 21.

V-BOX ofrece la conexión a la V-NET a través de tres distintas formas como se observa en su plataforma, figura 22, las cuales son la conexión a través de internet (cable), WIFI y un chip de datos 4G, para este proyecto se opta por la opción de internet a través de cable con conexión a un punto de acceso ethernet.

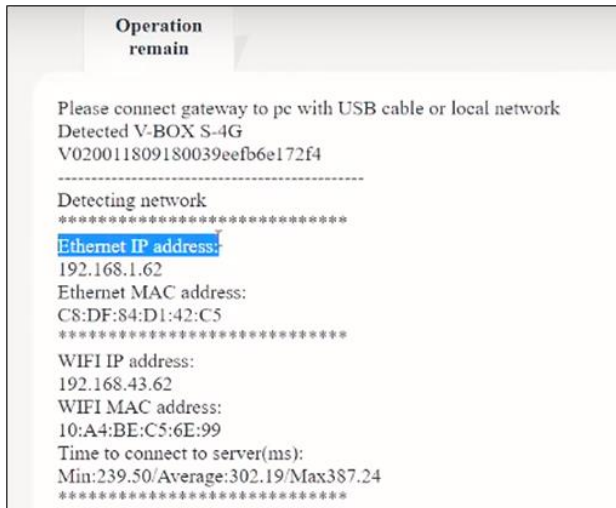


Figura 22: Tipos de conexión del V-BOX (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Métodos de conexión para la comunicación entre el PLC y el V-BOX.

Para la comunicación del V-BOX con la V-NET se debe de configurar a la V-NET con los parámetros de conexión de tal manera que coincida con los valores o datos que se tiene en el V-BOX estos parámetros son los siguientes:

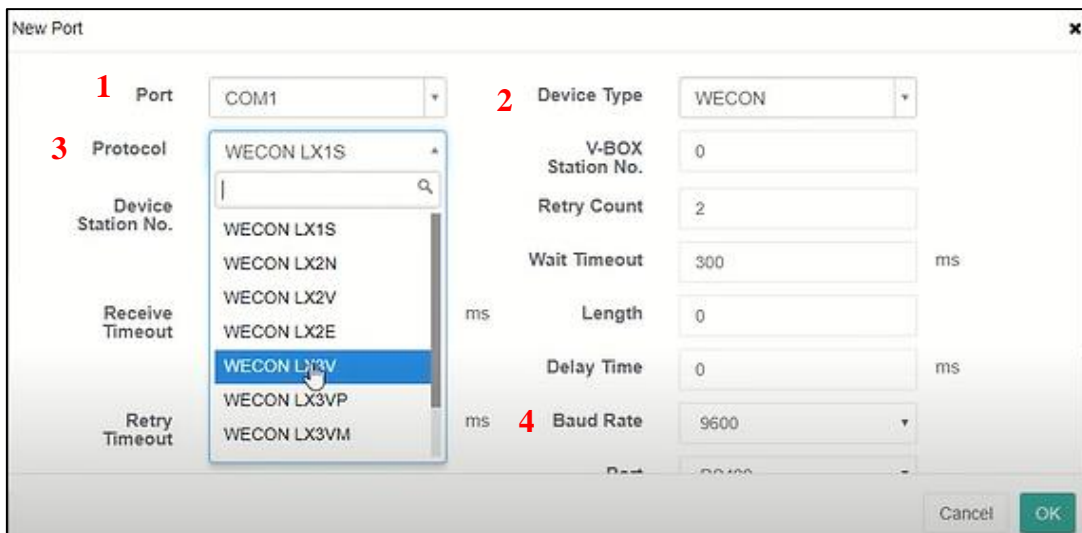


Figura 23: Parámetros a configurar en la V-NET. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Parte de los parámetros a configurar en la para entablar conexión entre el V-BOX y la V-NET, por ejemplo: Port (1), Device type(2), Protocolo(3), Baud Rate(4).

1. Port: COM1
2. Device type: Wecon
3. Protocolo: Wecon LX3V
4. Baud Rate: 9600
5. Parity: add/even
6. Type port: RS485
7. Stop bit: 1

Cada uno de estos parámetros se colocan de acorde a las necesidades del proyecto como la velocidad de transmisión, paridad, bit de parada entre otros. una vez colocado los valores correspondientes se logra con éxito la conexión de la V-NET con el V-BOX y se encuentra lista para el envío y recepción de datos.

3.4.2 Diseño de pantalla HMI

3.4.2.1 Pantalla de Presentación.

Para iniciar el programa diseñado para el control y monitoreo de la tina polivalente en el proceso de producción de quesos tenemos una pantalla de presentación en la cual se indica las instituciones involucradas en este proyecto, el nombre de la estación a trabajar y además muestra un botón didáctico que nos permite continuar el proceso como se puede apreciar en la figura 24.



Figura 24: Pantalla Presentación. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Pantalla inicial de presentacion que cumple la fucion de dar la bienvenida al usuario.

3.4.2.2. Pantalla Principal

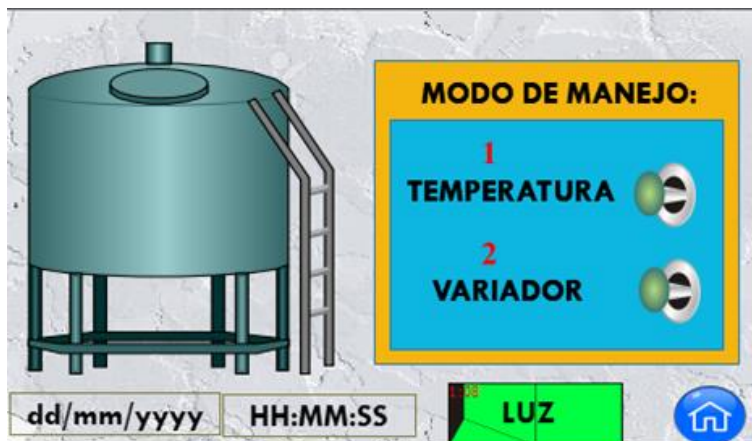


Figura 25: Modos e manejo. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Pantalla principal donde se encuentra un menú para ingresar configurar la Temperatura (1) o al Variador (2).

Una vez iniciado el proceso se tiene una pantalla en la cual se presenta dos opciones para modo de manejo como se muestra en la figura 25.

Temperatura: En esta ventana, que muestra la figura 26, el operario tendría la capacidad de configurar los parámetros de temperatura de la tina, así como se podrá visualizar la temperatura actual que se tiene en el tanque.

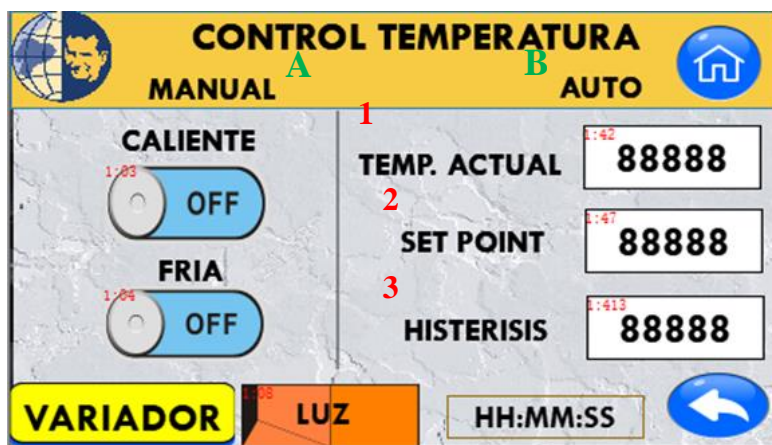


Figura 26: Pantalla Control Temperatura (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Pantalla para la configuración de los parámetros de temperatura a la cual va a trabajar la tina en su modo automático, sección B, o trabajar en control manual, sección A.

1. **Temperatura actual:** Aquí se podrá visualizar la temperatura que tendría el tanque, este valor se da en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
2. **Set Temperatura:** Aquí el operador puede programar la temperatura a la cual se mantendrá la tina, este valor se da en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
3. **Histéresis:** Es el margen entre el cual se va a apagar la válvula de vapor y el set point configurado, con este margen logramos que la válvula de vapor que calienta la tina se apague los grados colocados (figura 26.3) antes de llegar al set point,

logrando que en el último tramo de subida la temperatura tenga una llegada controlada a su límite marcado (figura 26.2), ya que el usuario puede modificar este dato, se adaptó la tina a varias pruebas y gracias a ellas se estableció que el valor entre 2 y 3 grados Celsius (°C) es el valor correcto para el funcionamiento, tomando así los valores de la figura 27 como referenciales.

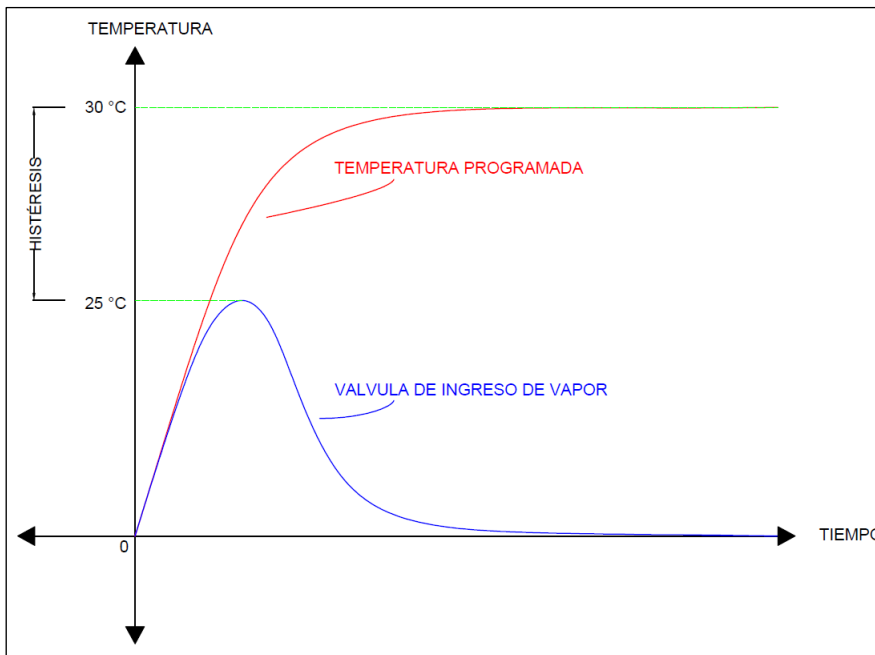


Figura 27: Diagrama de Histéresis (Fárez, 2023)

Nota: Diagrama referencial de la función de histéresis aplicada en el proyecto donde la válvula de vapor representada en color azul se apaga en límite establecido en la figura 26.3, pero la temperatura en color rojo sigue subiendo hasta llegar al set point.

Además, desde esta pantalla se puede controlar de forma manual la temperatura de la tina mediante el encendido o apagado de las válvulas de agua caliente o fría, como se muestra en la figura 26.A, también esta pantalla cuenta con dos botones uno que permite ir a la configuración del variador para el control de la lira y su respectivo giro y el otro botón que permite encender o apagar una luz led que nos ayuda con la iluminación interior de la tina.

Variador: En esta ventana se muestran varios apartados correspondientes al manejo de la lira, además de la velocidad a la que se encuentra ésta, como se observa en la figura 28, permitiendo configurar también sentido y tiempo de giro:

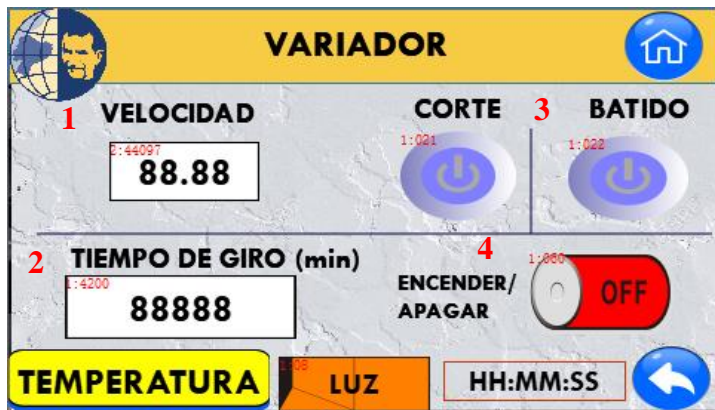


Figura 28: Pantalla control del variador. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Pantalla para el control y configuración del movimiento de la lira dentro de la tina en determinado proceso.

1. **Velocidad:** En este recuadro se mostrará la velocidad que lleva el variador, esta velocidad se puede variar gracias a un potenciómetro colocado en el tablero de control.
2. **Tiempo de Giro:** Aquí en operador podrá configurar un tiempo límite de giro para el funcionamiento del motor, pasado ese límite el motor se detendrá a la espera de la siguiente orden.
3. **Corte y Batido:** Son dos botones que nos servirán para seleccionar la función que queremos que la lira del motor cumpla y sea el de batido o el de corte.
4. **Encender/Apagar:** Una vez configurado el tiempo de giro y la función y con el selector principal del tablero en automático, con este botón podemos dar inicio al proceso programado.

Además, la pantalla cuenta con un botón para acceder a la configuración de

temperatura y también para encender o apagar la luz interior del tanque para su mayor iluminación.

3.4.2.3. Sub-pantallas de alarmas.

El proceso cuenta con una alarma didácticas (figura 29), para el control de la temperatura que lleva el proceso, para que esta no supere el límite establecido, cuando el sensor sobrepase este límite, el sistema alertará al operario mediante una alarma sonora y un mensaje en la pantalla HMI, además de generar una lista en el historial y establecer un aviso al operario conectado de manera remota mediante la V-NET Access.



Figura 29: Alarma de temperatura. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Alarma didáctica para sobre temperaturas en la tina, al presionar el botón (1) se cierra y permite configuración normal.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Montaje e Instalación de equipos.

En este capítulo se da a conocer las conexiones necesarias para el circuito de fuerza, control y red que se implementa en la corporación el salinerito para la puesta en marcha de la tina polivalente para la elaboración de quesos maduros.

4.1.1 Montaje e instalación de tablero de control IoT

Para la instalación del nuevo tablero de control se detecta un problema primordial en su ubicación anterior, ya que el anterior tablero se encontraba instalado alado de la puerta de la tina polivalente que despide vapor y humedad al exterior causando daño en el tablero por lo cual esta ubicación fue la causa principal de su deterioro.

Para solucionar este problema, el nuevo tablero de control se encuentra ubicado dentro del perímetro de la tina polivalente montado sobre la estructura que contiene tanto a la tina como al tablero a una distancia de 2.5 m, distancia que fue recomendada por personal de la empresa fabricante de la tina después de una reunión realizada mediante videollamada entre las partes involucradas en el proyecto.



Figura 30: Montaje del tablero de control en la planta. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Imagen del tablero de control de la planta al iniciar el proyecto.

Toda la conexión de control se encuentra realizadas dentro del tablero, mostrado en la figura 30, por lo cual no es necesario realizar mayor conexión con respecto al circuito de control, por otra parte, para la sección del sistema de fuerza es necesario realizar una conexión a la red eléctrica de 220 V de la planta.

Esta conexión alimenta tanto al PLC, pantalla HMI, variador de frecuencia, motor y demás elementos incorporados en el proyecto.

En cara frontal del tablero de control tenemos varios pulsadores, selectores y una pantalla HMI como se indica en la figura 31, estos se encargan de la operación de la tina polivalente.



Figura 31: Frontal del tablero de control en la planta. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: En la figura anterior se aprecia todos los elementos que se agregaron para el control de la tina en la planta.

Partes y funciones de los elementos del tablero de control IoT:

1. Pulsador tipo hongo es el encargado del paro de emergencia.
2. Selector izquierdo denominado “Control de temperatura” define el modo de trabajo para las válvulas entre automático y manual.
3. Selector derecho denominado “Variador de frecuencia” es el encargado de definir el modo en el cual va a trabajar el motor a través del variador, este selector en modo manual trabaja en conjunto con el selector de batido y corte.
4. La alarma denominada “Sobre temperatura” se activará con una señal

lumínica y sonora en el momento que el valor de la temperatura sobrepase el límite programado.

5. Selector para el control manual del sentido de giro del motor, entre batido y corte.
6. Perilla de potenciómetro se encarga de regular la velocidad de giro del motor el cual en su eje se conecta a las aspas de la tina permitiendo el batido o corte del producto.

4.1.2 Instalación de electroválvulas

El nuevo sistema de control implementado en la tina polivalente requiere la instalación de dos electroválvulas, como se indican en la figura 32, las cuales son las encargadas de controlar la temperatura debido a que la primera electroválvula se encuentra conectada a la tubería con vapor de agua caliente proveniente de una caldera al exterior de la planta de producción, y la segunda electroválvula se encuentra conectada a una tubería que conduce al caldero para el ingreso de vapor y calentamiento de la tina.



Figura 32: Electroválvulas implementadas. (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Válvula para vapor (1) y válvula de agua fría (2) implementadas en la planta para el control de la temperatura en la tina polivalente.

El accionamiento de estas válvulas regula la temperatura requerida en la tina polivalente, y es el operario el cual con su experiencia determina la temperatura necesaria para la elaboración de quesos maduros.

La instalación se realiza con la ayuda del personal técnico de la empresa para garantizar el correcto funcionamiento y operación del mismo.

4.1.3 Instalación de cableado del sistema de fuerza

Para alimentar el circuito de fuerza y control del tablero de control es necesario realizar una conexión a la red eléctrica de 220 V de la planta, la acometida se encuentra en frente de la tina polivalente por lo cual se realiza la conexión de forma sencilla. En la figura 33 se marca el cajetín de donde se realizará la conexión del tablero de control.



Figura 33: Cajetín del sistema Eléctrico. (Fárez, Masalema, 2023)

Nota: Se señala el lugar de donde se obtendrá energía para alimentar el tablero de control y el motor.

También es necesario realizar el cableado para la conexión del motor trifásico desde el variador de frecuencia que está incorporado dentro del tablero de control hasta el motor que se encuentra en la cabecera de la tina polivalente.

4.2 Configuración de parámetros de variador de frecuencia.

Para el control del motor trifásico se tiene un variador de frecuencia, debido a que la red eléctrica únicamente cuenta con 2 fases y un neutro se incorpora un variador de frecuencia con entrada bifásica de 220 V y salida trifásica de 220 V el cual es adecuado para la operación del motor debido a que el motor se encuentra conectado en delta y para funcionar en esta conexión como la placa lo especifica es necesario un rango de voltaje que va desde los 200 V hasta los 250 V.

Para establecer los parámetros del variador de frecuencia como se muestra en la figura 34, se recurre a su tabla de parámetros, ver anexo 9, la cual indica los valores a configurar dependiendo de la necesidad, entre los parámetros que se puede configura están:

- Parámetros fundamentales
- Parámetros de monitoreo
- Parámetros de error
- Parámetros de control

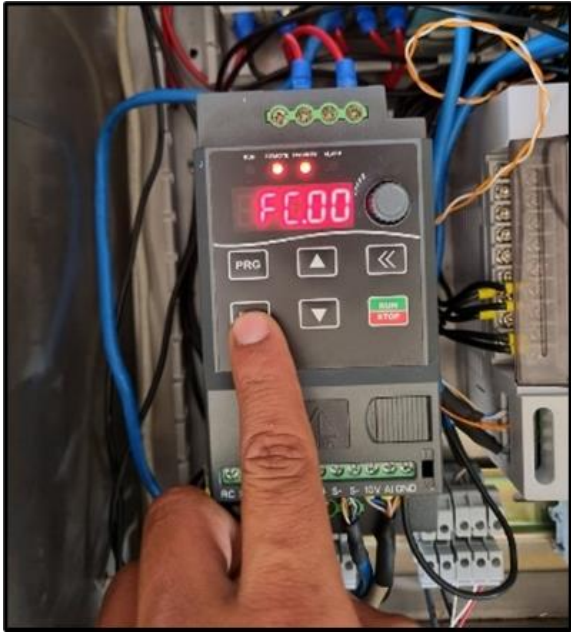


Figura 34: Cambio de parámetros en variador de frecuencia (Fárez & Masalema, 2023)

Nota: Configuración de parámetros para control del variador, FC00-Control por HMI.

La selección de estos valores se realiza directamente en el variador a través de su pantalla LCD la mayoría de los cambios se realiza en los parámetros fundamentales para valores como la frecuencia de operación, tipo de comunicación, velocidad de comunicación y entre otros.

4.3 Prueba de comunicación entre PLC, variador de frecuencia y tina polivalente

El objetivo de esta prueba es obtener datos del comportamiento del sistema IoT se desea visualizar el tiempo de operación, temperatura, sentido de giro y velocidad. Para este objetivo se realiza la conexión de todo el sistema con la previa autorización de los encargados de mantenimiento, al encendido, se verifica que los datos inicialicen en cero.

Para comenzar con las pruebas se realiza preguntas del proceso de producción de queso a los empleados de la fábrica mediante una entrevista informal para establecer una base estándar en el funcionamiento de la tina con respecto a tiempos y modos de uso.

En base a los resultados de las preguntas realizadas se sometió a la tina a diferentes pruebas, empezando con la tina a su mínima capacidad (figura 35A) y a velocidad media, durante 30 minutos con resultados positivos sin novedad, para luego llenar el tanque a su máxima capacidad y a velocidad máxima (figura 35B) durante 30 minutos obteniendo los mismos resultados positivos sin novedad en el tiempo establecido.

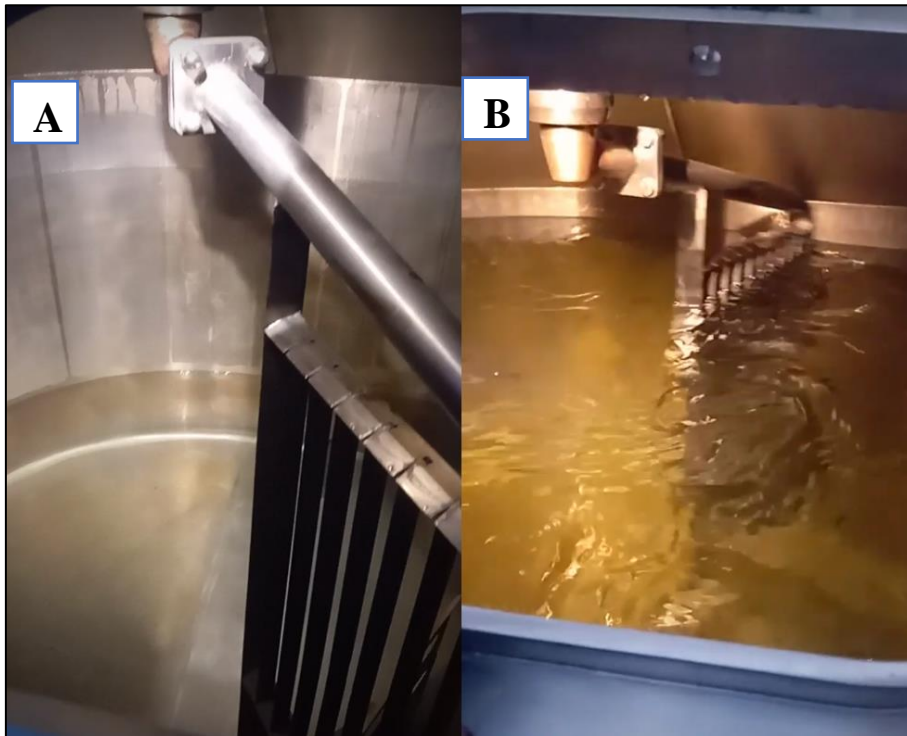


Figura 35: Pruebas de funcionamiento. (Fárez, 2023)

Nota: Pruebas de funcionamiento realizadas a la tina, en (A) el tanque a capacidad mínima y en (B) con el tanque a su capacidad máxima.

El modelo de tina que es intervenida tiene el sensor de temperatura ubicado en la parte inferior del tanque se realizaron pruebas para verificar que el sensor de temperatura este en buen estado y con la correcta recepción de datos, con un multímetro digital y su función de termómetro, obtenemos la temperatura actual comparado con lo mostrados en el HMI que representa a la PT100 colocada en la base de la tina como se muestra en la figura 36.

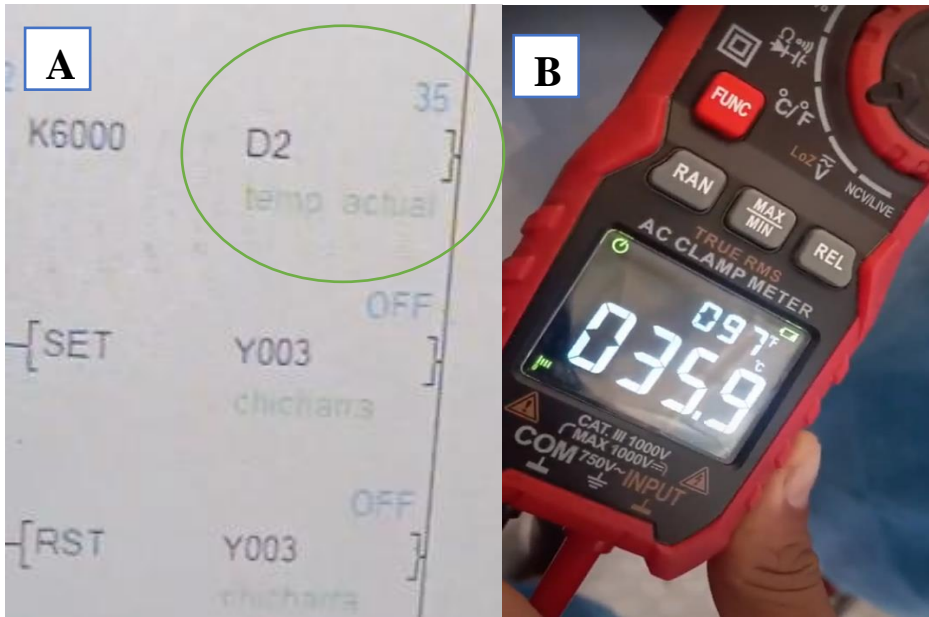


Figura 36: Prueba para control de temperatura. (Fárez, 2023)

Nota: Prueba para verificar el funcionamiento del sensor de temperatura visualizado en el código que receipta el dato (A) versus el dato obtenido por un multímetro digital (B).

4.4 Pruebas de conectividad del sistema IoT.

Como prueba final desde una computadora previamente instalada el V-NET Access que se menciona en el capítulo 3 brevemente, podemos realizar el monitoreo en tiempo real del estado de la tina y su producción como se indica en la figura 37.

Select All	Status	Name	Value	Port	Read Address
<input type="checkbox"/>	●	HISTERESIS	0	Ethernet	4 22
<input type="checkbox"/>	●	CORTE	<input type="checkbox"/> OFF	Ethernet	0 11
<input type="checkbox"/>	●	BATIDO	<input type="checkbox"/> OFF	Ethernet	0 10
<input type="checkbox"/>	●	FRECUENCIA VARIADOR	0.00	Ethernet	4 20
<input type="checkbox"/>	●	SET POINT	0	Ethernet	4 11
<input type="checkbox"/>	●	TEMPERATURA ACTUAL	21	Ethernet	4 10

Figura 37: Monitoreo en tiempo real. (Fárez, 2023)

Nota: Pantalla de monitoreo en tiempo real de los datos programados, siendo para este proyecto 6 los principales.

Desde V-NET Access tenemos acceso al historial de alarmas como se visualiza en la figura 38, para el cual se programa como límite de temperatura alta 70 °C y se calentó la tina hasta llegar a ese valor para las respectivas pruebas de la programación y la alarma sonora.

Select All	ID	Name	Level	Message	Value	Trigger	Status	Time	Confirmation
<input type="checkbox"/>	27210	TEMPERATURA ALTA	Major		67	Released	Confirm	2023-09-21 13:11:52.526	2023-10-18 1
<input type="checkbox"/>	27210	TEMPERATURA ALTA	Major		70	Trigger	Confirm	2023-09-21 13:11:51.476	2023-10-18 1
<input type="checkbox"/>	27210	TEMPERATURA ALTA	Major		69	Released	Confirm	2023-09-21 13:11:47.246	2023-10-18 1
<input type="checkbox"/>	27210	TEMPERATURA ALTA	Major		70	Trigger	Confirm	2023-09-21 13:11:46.616	2023-10-18 1
<input type="checkbox"/>	27210	TEMPERATURA ALTA	Major		69	Released	Confirm	2023-09-21 13:11:44.276	2023-10-18 1
<input type="checkbox"/>	27210	TEMPERATURA ALTA	Major		70	Trigger	Confirm	2023-09-21 13:11:43.436	2023-10-18 1
<input type="checkbox"/>	27210	TEMPERATURA ALTA	Major		69	Released	Confirm	2023-09-21 13:11:36.506	2023-10-18 1

Figura 38: Pantalla Alarmas. (Fárez, 2023)

Nota: Pantalla de alarmas, se muestra las alarmas actuales, un historial de las mismas.

Una de las ventajas que da Wecon en su plataforma es generación de datos históricos de temperatura de la tina tal como se observa en la figura 39, lo cual es un recurso valioso para optimizar el rendimiento y la calidad de los procesos que se realizan en ella. Esta información permite analizar los patrones y las posibles fallas que se presentan en el desempeño térmico de la tina. La información histórica de temperatura también permite generar estrategias de mantenimiento de la tina, lo que se traduce en una mayor eficiencia.

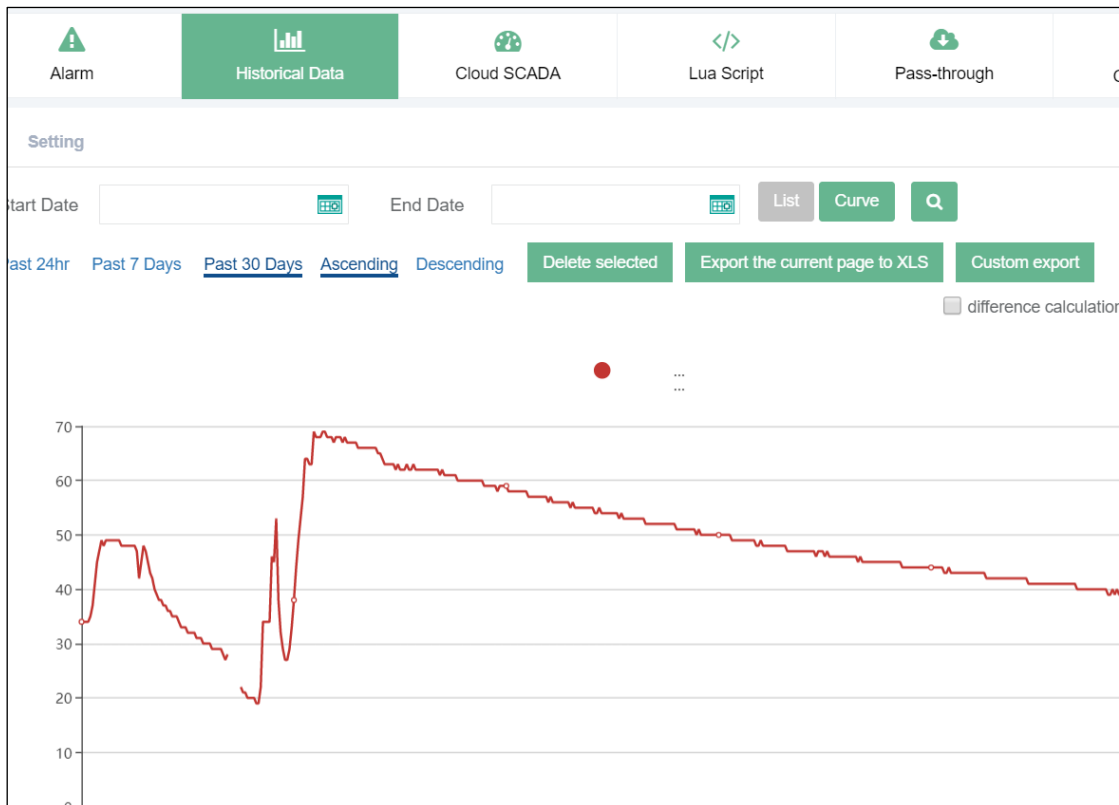


Figura 39: Datos históricos (Fárez, 2023)

Nota: Pantalla de datos históricos, curva de temperatura de la tina para el monitoreo en un lapso de tiempo.

En el apartado de supervisión en la V-NET Access está el Cloud SCADA desde donde se adquiere datos que ayudan a mejorar la toma de decisiones de forma remota en la industria. En esta pantalla final de la figura 40, observamos la temperatura actual, temperatura programada y la histéresis seleccionada, cuenta con dos indicadores lumínicos que se encenderán si el motor está en corte o batido. Además, de indicar la velocidad de motor, en la pantalla se expone una gráfica del comportamiento de la temperatura de la tina en tiempo real.

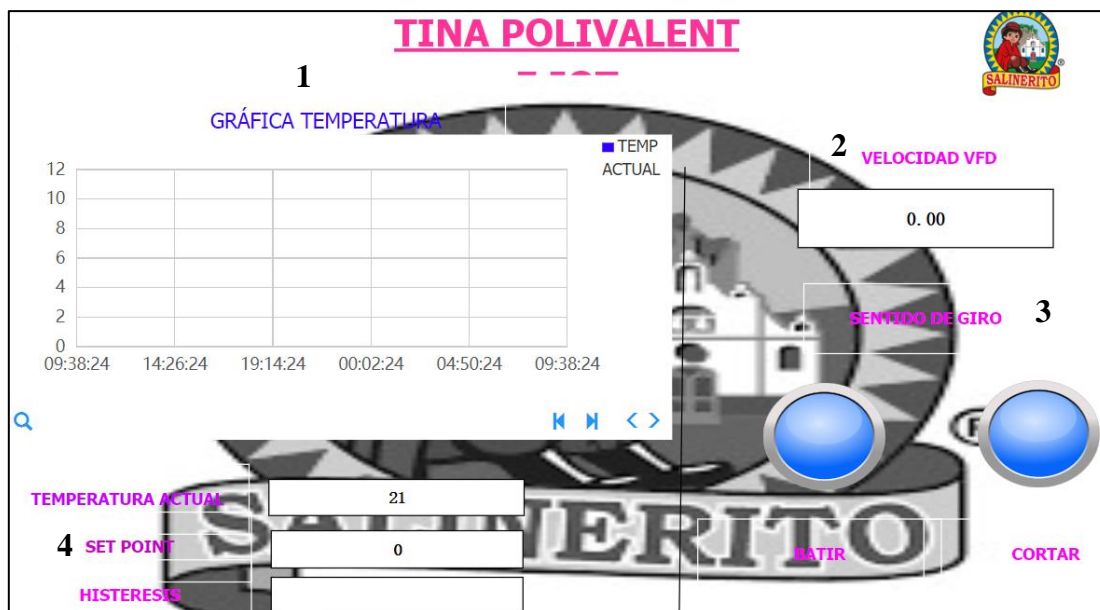


Figura 40: Cloud SCADA para monitoreo. (Fárez, 2023)

Nota: Pantalla de Cloud SCADA donde se muestra una gráfica en tiempo real (1), la velocidad (2), además de datos como el sentido de giro (3), y la temperatura actual (4), su set point e histéresis.

4.5 Conexión IP.

Para prueba de conexión IP como se muestra en la figura 41 y 42, se conecta desde dos dispositivos a internet mediante la misma red a la cual está conectado el HMI y se ingresa a la dirección 192.168.0.68.

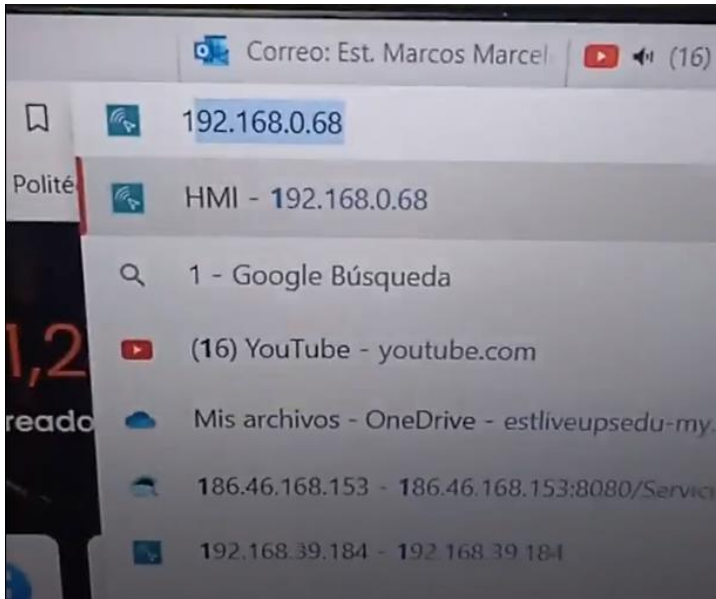


Figura 41: Ingresamos desde una computadora portátil. (Fárez, 2023)

Nota: Prueba de conexión con el HMI de manera remota desde una computadora portátil.

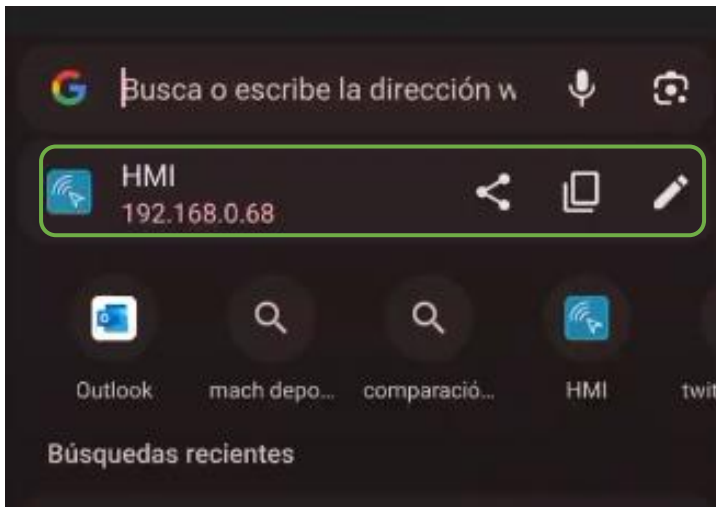


Figura 42: Ingresamos desde un teléfono inteligente. (Fárez, 2023)

Nota: Prueba de conexión con el HMI de manera remota desde un teléfono inteligente.

Una vez ingresado a la dirección IP tenemos el control de la tina de manera totalmente remota como se indican en las figuras 43 y 44, con la cual se puede programar el inicio de un proceso hasta detener uno en marcha por alguna anomalía. El proceso

tradicional de fabricación de queso ha evolucionado a lo largo de los años, pero generalmente implica el seguimiento y control manual de varias etapas. Por otro lado, un proceso controlado por el Internet de las cosas (IoT) utiliza sensores y dispositivos conectados para monitorear y controlar de manera más precisa cada fase del proceso. (Acosta & Sánchez, 2021).



Figura 43: Conectividad en la computadora. (Fárez, 2023)

Nota: Pantalla del HMI visualizada en la computadora portátil con capacidad de control y monitoreo.

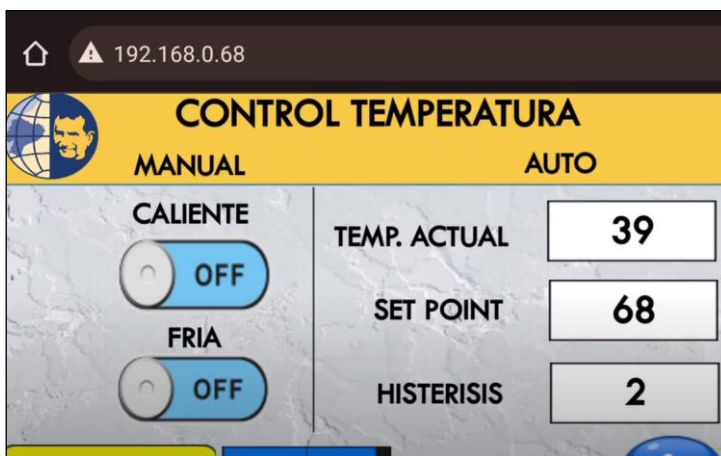


Figura 44: Conectividad en el teléfono. (Fárez, 2023)

Nota: Pantalla del HMI visualizada en el teléfono inteligente con capacidad de control y monitoreo.

4.5 Análisis de resultados.

El sistema tradicional en la planta de “El Salinerito” contaba con un tablero de control no automatizado, el sistema general funcionaba con el ingreso manual de la leche a dos tinas semiautomáticas que posee la fábrica y a dos tinas de procesos manual, en las cual un operario mediante el tablero encendía un motor para que comience a batir la leche para dar inicio al proceso en el caso de las semiautomáticas (figura 45), en el caso de las manuales un trabajador realiza la función de batido y corte (figura 46).



Figura 45: Tina quesera semiautomática. (Fárez, 2023)

Nota: Retrato de una tina quesera semiautomática realizando el proceso de batido de la leche para su coagulación.

Para calentar o enfriar el producto según su necesidad, el operador tenía que abrir una llave de paso de una tubería que conducía el vapor del caldero hacia la tina para calentar el producto o una llave de similares características que conduce el agua fría por

una tubería hacia la tina para enfriar la leche cuando la temperatura alcanzaba su límite.



Figura 46: Tina quesera manual. (Fárez, 2023)

Nota: Ilustración del personal de la fábrica realizando el proceso manual de batido para lograr la coagulación de la leche.

Luego de un determinado tiempo el operario añade los aditivos respectivos y realiza el control de velocidad de motor, todo este proceso tiene un control de temperatura realizado por un sensor PT100 al cual nos referimos en capítulos anteriores, al finalizar el proceso de batido el operador acciona al mando para que las aspas giren en sentido contrario y de inicio al proceso de corte de la cuajada.



Figura 47: Producto final de la tina semiautomática. (Fárez, 2023)

Nota: Empleado de la fábrica colocando el producto final en moldes para después de un tiempo y presión obtener su tamaño y forma comercial final.

El proceso terminaba con la expulsión del producto para ser colocados en los moldes, se lo realizaba mediante una compuerta que tiene la tina en la parte inferior de ella.

Una vez implementado los cambio y mejoras en el tablero de control del proceso nos permite tener un mejor control del motor y del sensor de temperatura, además gracias a las aplicaciones IoT y a la arquitectura de los distintos dispositivos de la marca Wecon usados en el proyecto, podemos realizar conectividad con la nube y plataforma IoT, con lo cual tenemos la capacidad de realizar control y monitoreo a distancia.

Con la puesta en marcha de la tina polivalente tratada en este proyecto se prevé un aumento de la productividad de hasta un 33% en la fábrica, gracias a la capacidad de 1000 L que posee el tanque a diferencia de los 500 L que actualmente se procesa en cada

una de las tinas existentes, como se describe en la table 4

Tabla 4

Productividad de la fabrica

Modo (Manual M o Automático A)	A	A	M	M	A	Total, Quesos*
N° de Tina	1	2	3	4	5	
Capacidad de la tina	500 L	500 L	500 L	500 L	1000 L	
Sin Tina polivalente	152	152	152	152		608
Con Tina polivalente	152	152	152	152	304	912
* Referente a la producción en un día						

Gracias a la combinación de las características de los dispositivos implementados el sistema que podemos tener un control de la velocidad y temperatura ayudando a alargar la vida útil del motor que posee la tina. Las pruebas realizadas a la tina polivalente se describen en la tabla 5.

Tabla 5.

Pruebas de funcionamiento

	Tanque Nivel Bajo				Tanque Nivel Alto			
	M	M	A	A	M	M	A	A
Modo Manual (M) o Automático (A)	M	M	A	A	M	M	A	A
N° Pruebas	1	2	3	4	5	6	7	8
Se pudo realizar el cambio de velocidad desde el tablero	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Funcionó el paro de emergencia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Se puede realizar el cambio en el sentido de giro del motor	✓	✓			✓	✓		
Se puede manejar el HMI mientras está en el proceso	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Se puede encender la luz del taque	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cumple con el tiempo programado para un proceso	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
El calentamiento de la tina se realiza de manera controlada	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Se visualiza la temperatura en tiempo real en el dispositivo remoto y HMI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Se controló las válvulas de manera individual para el control manual de temperatura	✓	✓			✓	✓		

CONCLUSIONES

- Se llegó a la conclusión que la implementación de una arquitectura de control centralizada del proceso de coagulación láctea con tecnologías de monitoreo y control remoto para la elaboración de quesos, a través de la actualización de un tablero de control con tecnologías de Industria 4.0, representa un avance significativo aproximado del 33% en la optimización y eficiencia del proceso productivo. La integración de herramientas de vanguardia permitirá no solo mejorar la calidad del producto final, sino también establecer un entorno más flexible y adaptable a las demandas cambiantes del mercado, consolidando así la posición de la empresa en la industria láctea.
- Con el desarrollo de un tablero que integra un variador de frecuencia y un PLC con tecnologías de la Industria 4.0 para la adquisición de datos en la estación de coagulación dentro de la producción de quesos, se concluyó, que es un paso clave hacia la modernización de los procesos. Esta herramienta proporcionará una interfaz intuitiva y en tiempo real para gestionar eficientemente los recursos, mejorando la toma de decisiones y la eficacia operativa.
- Gracias a la investigación realizada al proceso de elaboración de queso se pudo concluir que la aplicación de tecnologías de la industria 4.0 en la industria láctea aporta mejoras significativas en la eficiencia y control del proceso con el uso de tecnologías factibles en el campo, como lo son sensores y actuadores inteligentes y la implementación de una arquitectura centralizada de comunicación entre la planta y la nube utilizando servicios de IoT, que permiten una mayor automatización y monitoreo de datos. Estas tecnologías brindan beneficios como la optimización de recursos, la reducción de errores humanos y la mejora en la

calidad del producto final.

- Se concluyó que la implementación de servicios de IoT en la nube, junto con dispositivos inteligentes de Wecon, brinda una solución eficiente para la adquisición, monitoreo y control de datos. Con el aprovechamiento de la nube como plataforma centralizada, la corporación "El Salinerito" logra una mayor flexibilidad y escalabilidad en la gestión de datos, para mejorar la eficiencia operativa y permitiendo una toma de decisión rápida y precisa.
- Se realizó las pruebas de campo pertinentes a la tina polivalente intervenida, mediante la puesta en marcha de la misma, simulando con tiempos reales la producción de queso, sometiendo a la tina a diferentes situaciones para validar la efectividad del sistema implementado, permitiendo el monitoreo y control preciso de las variables del proceso. Estos resultados respaldan la viabilidad y eficacia de la solución propuesta, sientan las bases para la implementación a escala y demuestran el compromiso de la organización con la innovación y la excelencia en la producción de quesos.

RECOMENDACIONES

- Para futuros trabajos se recomienda realizar un análisis detallado de los beneficios potenciales de la automatización y los sensores generando un proyecto complementario a este enfocado en la automatización del proceso con la adquisición de sensores necesarios para este fin.
- Instalar sensores de densidad u otros que permita medir la variable de coagulación de la leche, ya que con este tipo de sensor se puede realizar la automatización completa de todo el proceso de producción de quesos, reduciendo con ello la intervención del hombre en el proceso.
- Gracias a la investigación realizada y los inconvenientes su citados se recomienda a la Corporación “El Salinerito” a realizar un análisis descriptivo detallado de los elementos que posee la planta, para mejorar el entendimiento de técnicos en futuros proyectos respecto a diagramas y conexiones de la maquinaria de la fábrica.
- Luego de las pruebas realizadas a la tina polivalente se recomienda a las Corporación “El Salinerito” la revisión y cambio de ser necesario de las tuberías y empaques aledañas a la tina, así como su debida sujeción para evitar fuertes vibraciones o estruendos cuando circulen por ellas algún liquido o producto.
- Se recomienda a la industria láctea ecuatoriana en general actualizar sus procesos mediante el uso de nuevas tecnologías con es el IoT, ya que ayuda a controlar y tomar correctivos de ser necesarios de manera correcta y oportuna, así como también mantener o mejorar la calidad de los productos generando mayor productividad en las industrias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Gualpa, B. R., & Sánchez Piltasig, J. M. (2021a). *Optimización del proceso de fabricación del queso fresco en la empresa láctea Lactozam*. [Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8311>
- Acosta Gualpa, B. R., & Sánchez Piltasig, J. M. (2021b). *Optimización del proceso de fabricación del queso fresco en la empresa láctea Lactozam*. Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.
- Centro de la Industria Láctea del Ecuador. (2021a). El sector lácteo ecuatoriano se reactiva con miras positivas para el 2022. In *CIL ECUADOR*. <https://www.cil-ecuador.org/post/el-sector-lácteo-ecuadoriano-se-reactiva-con-miras-positivas-para-el-2022>
- Centro de la Industria Láctea del Ecuador. (2021b). *El sector lácteo ecuatoriano se reactiva con miras positivas para el 2022*. CIL ECUADOR. <https://www.cil-ecuador.org/post/el-sector-lácteo-ecuadoriano-se-reactiva-con-miras-positivas-para-el-2022>
- Cervantes Díaz-Toledo, A. (2015a). Estudio comparativo de dos modelos de electroválvula de la empresa bürkert sometidas a diferentes presiones, tensiones y temperaturas. *Xxxiii congreso nacional de riegos. Valencia 16-18 Junio de 2015*. <https://doi.org/10.4995/CNRiegos.2015.1510>
- Control Solutions of Minnesota. (2020). Modbus 101 - Introduction to Modbus. In *What is Modbus*. https://www.csimn.com/CSI_pages/Modbus101.html
- Cooperativa de Producción Agropecuaria El Salinerito - Corporación Gruppo Salinas. (2022, March 28). Corporación Gruppo Salinas. <https://salinerito.com/gruppo-salinas/cooperativa-de-produccion-agropecuaria-el-salinerito/>
- Custodio Ruiz, A., Bardía Bragós, R., & Pallas Areny, R. (1999a). Sensores inteligentes: una historia con futuro. *Universidad politecnica de catalunya, barcelona-spain universidad nacional experimental politecnica «Antonio Jose de Sucre», PUERTO ORDAZ - VENEZUELA, 14, 13–18*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/9553/Article003.pdf>
- Custodio Ruiz, A., Bardía Bragós, R., & Pallas Areny, R. (1999b). Sensores inteligentes: una historia con futuro. *Universidad politecnica de catalunya, barcelona-spain universidad nacional experimental politecnica «antonio jose de sucre», PUERTO ORDAZ - VENEZUELA, 14, 13–18*.
- ElectroIndustria., E. de P. R. (2020a). **SENSORES INTELIGENTES** Incorporando

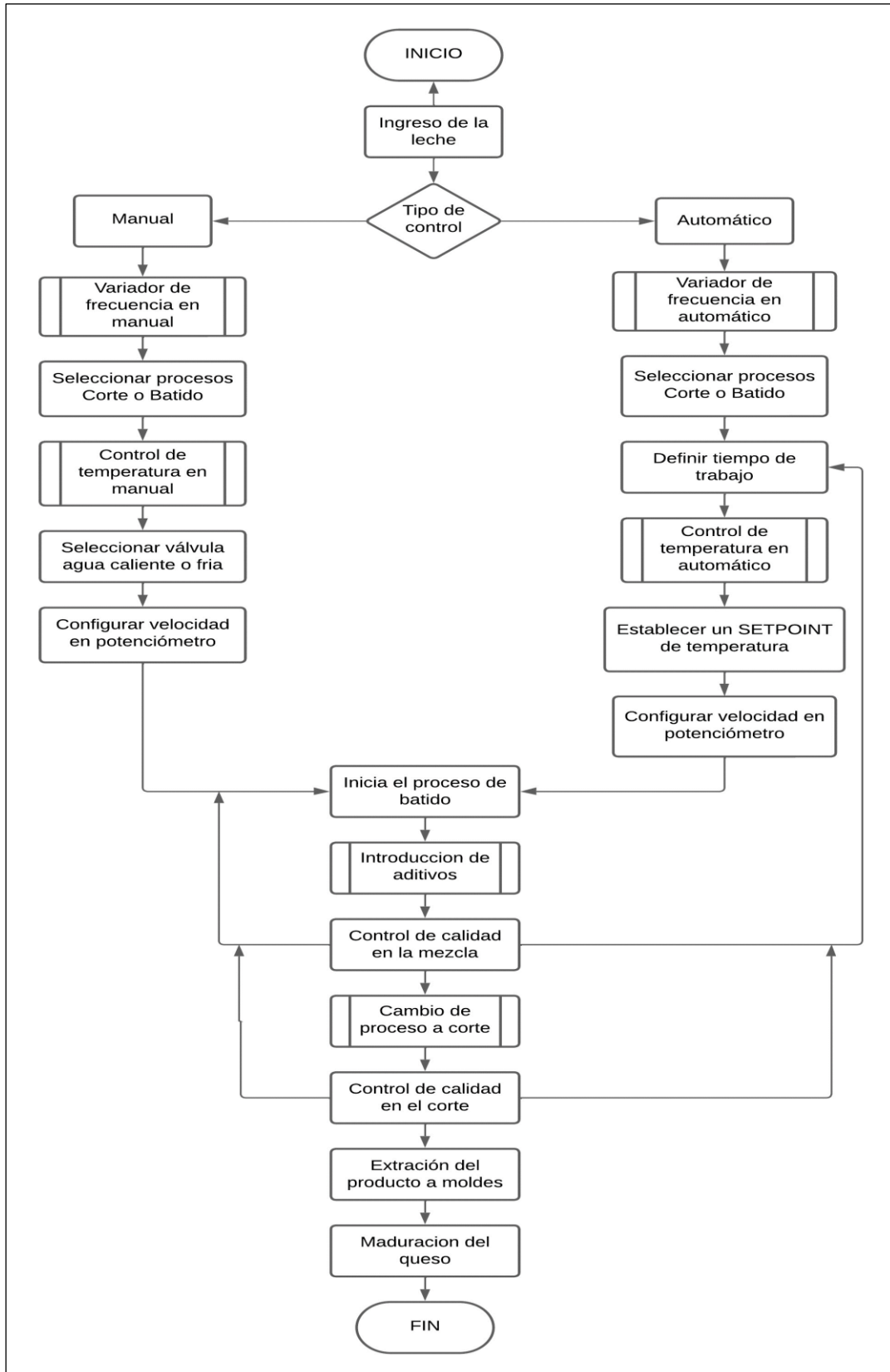
- flexibilidad y confiabilidad a las mediciones en terreno. *Electro Industria*.
<https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3629&ni=sensores-inteligentes-incorporando-flexibilidad-y-confiabilidad-a-las-mediciones-en-terreno>
- ElectroIndustria., E. de P. R. (2020b). SENSORES INTELIGENTES Incorporando flexibilidad y confiabilidad a las mediciones en terreno. *Electro Industria*.
- Guaraca Pino, E. C., & Guaraca Sigüencia, L. A. (2019a). Guía Técnica para la pausterización de la leche. *Planta de Lácteos Viglac*, 25.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33798/2/Guía>
- Guaraca Pino, E. C., & Guaraca Sigüencia, L. A. (2019b). Guía Técnica para la pausterización de la leche. *Planta de Lácteos Viglac*, 25.
- Lipo, T. A. (2017). *Introduction to AC Machine Design*. Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781119352181>
- McKinsey Global Institute. (2015). *Unlocking the potential of the Internet of Things / McKinsey*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>
- Minnesota., C. S. of. (2020). *Modbus 101 - Introduction to Modbus*. What Is Modbus.
https://www.csimn.com/CSI_pages/Modbus101.html
- PLC - wecon-iiot. (2022, November 9). wecon-iiot; Wecon. <https://wecon-iiot.com/plc-wecon/>
- Schneider Ecuador. (2023). *Schneider Ecuador | Schneider Electric Colombia*.
<https://www.se.com/co/es/about-us/company-profile/local/schneider-ecuador.jsp>
- Schuler, C. A. (2021). *Electrónica, principios y aplicaciones*. Reverté.
https://www.google.com.ec/books/edition/Electr%C3%B3nica_principios_y_aplicaciones/apIUEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22Charles+A.+Schuler%22&printsec=frontcover
- Simoes, A., & Hidalgo, C. (2021). *The Economic Complexity Observatory*.
<https://oec.world/es/profile/bilateral-product/cheese/reporter/ecu>
- Solís Gonzáles, J. F., & Ayala Mejía, H. L. (2010). *Estudio de Factibilidad para la creación de una Empresa de Fabricación de Queso Mozzarella tipo Pizza en la asociación Agropecuaria 17 de Junio de Porotog del Cantón Cayambe de la Provincia de Pichincha*. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.
- Solís González, J. F. (2010). *UPS-QT02391* [Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4614/1/UPS-QT02391.pdf>
- WECON. (2021). *Contact Us—Making Better Automation to Build Your Success*.

<https://www.we-con.com.cn/en/contact.html>

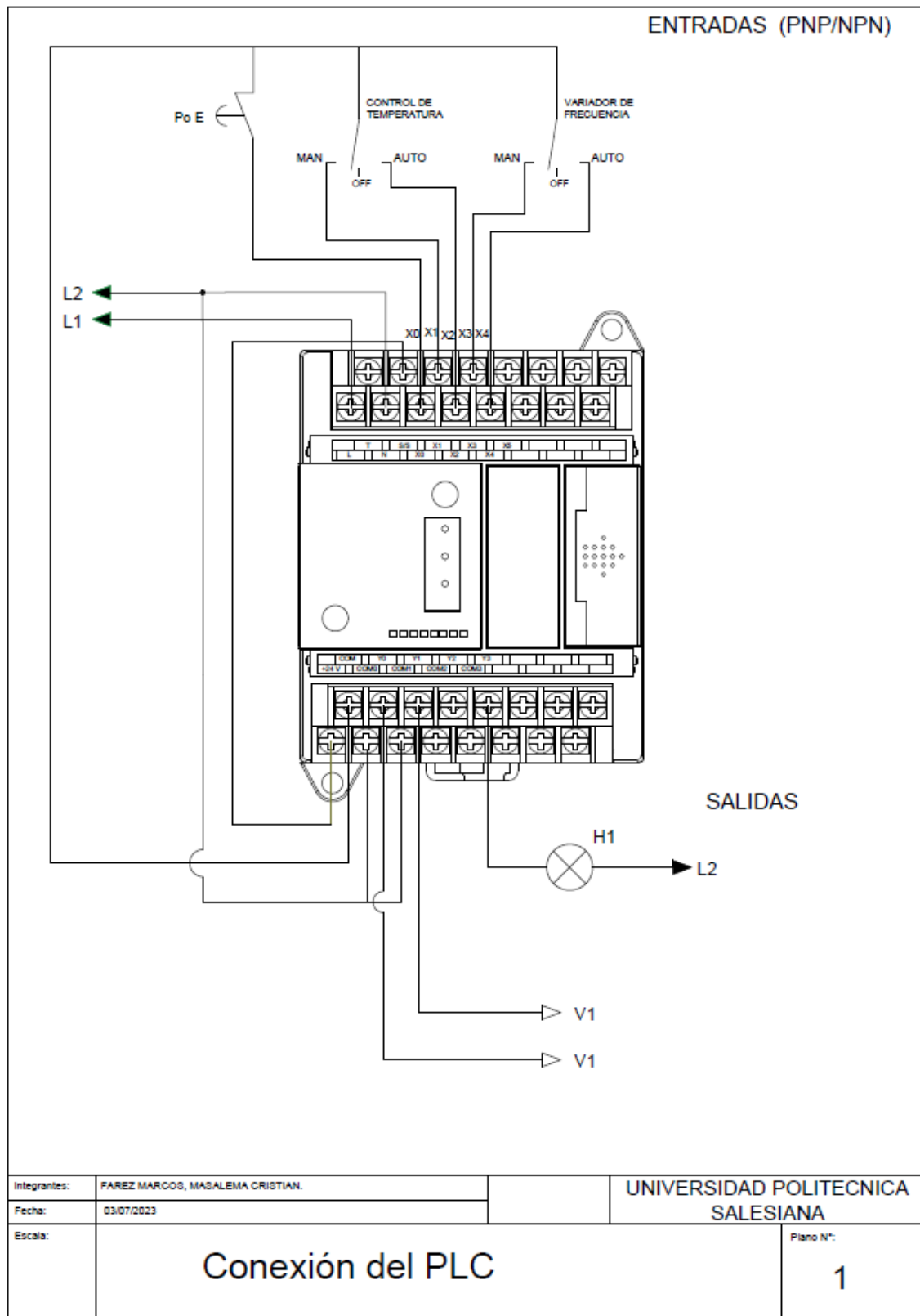
Zhang, W., Abdulghani, A. M., Imran, M. A., & Abbasi, Q. H. (2020). Internet of Things (IoT) enabled Smart Home Safety Barrier System. *Proceedings of the 2020 International Conference on Computing, Networks and Internet of Things, CNIOT 2020*, 82–88.
<https://doi.org/10.1145/3398329.3398341>

ANEXOS

Anexo 1 Diagrama de flujo del sistema



Anexo 2 Conexión del PLC



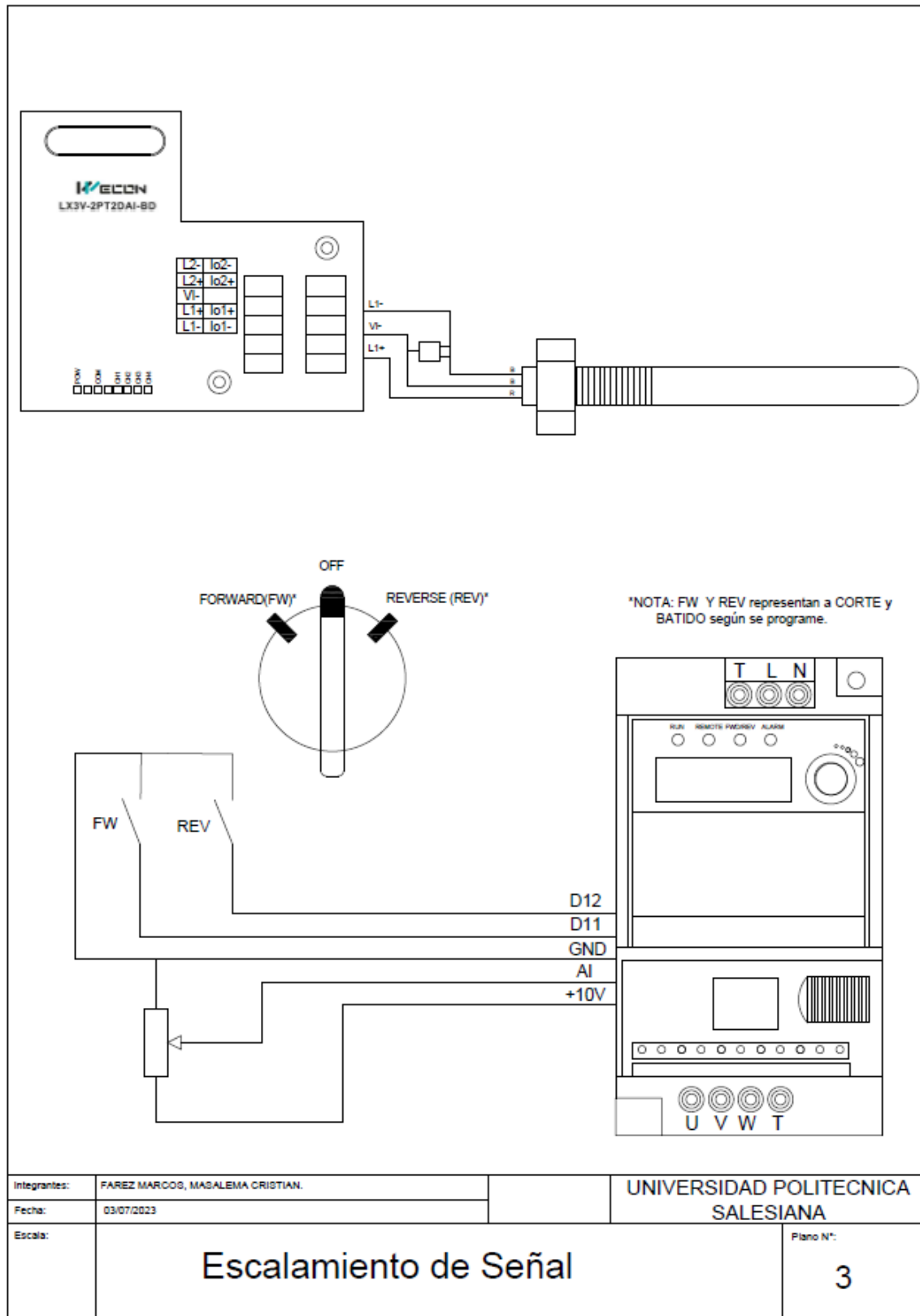
Anexo 3 Leyenda usada en la conexión del PLC

LEYENDA

H1	LUZ PILOTO PARA ALARMAS
L1	LINEA 1
L2	LINEA 2
Po E	BOTÓN PARO DE EMERGENCIA
MAN	BOTÓN ACTIVA PROCESO MANUAL
AUTO	BOTÓN ACTIVA PROCESO AUTOMÁTICO
S/S	BOTONERA PARA POLARIZAR ENTRADAS
X0 X1 X2 X3 X4	ENTRADA DEL PLC
Y0 Y1 Y2 Y3	SALIDAS DEL PLC
V1	VÁLVULA DE AGUA CALIENTE
V2	VÁLVULA DE AGUA FRÍA

Integrantes:	FAREZ MARCOS, MABALEMA CRISTIAN.	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Fecha:	03/07/2023	
Escala:	Conexión del PLC	Plano N°: 2

Anexo 4 Escalamiento de Señal



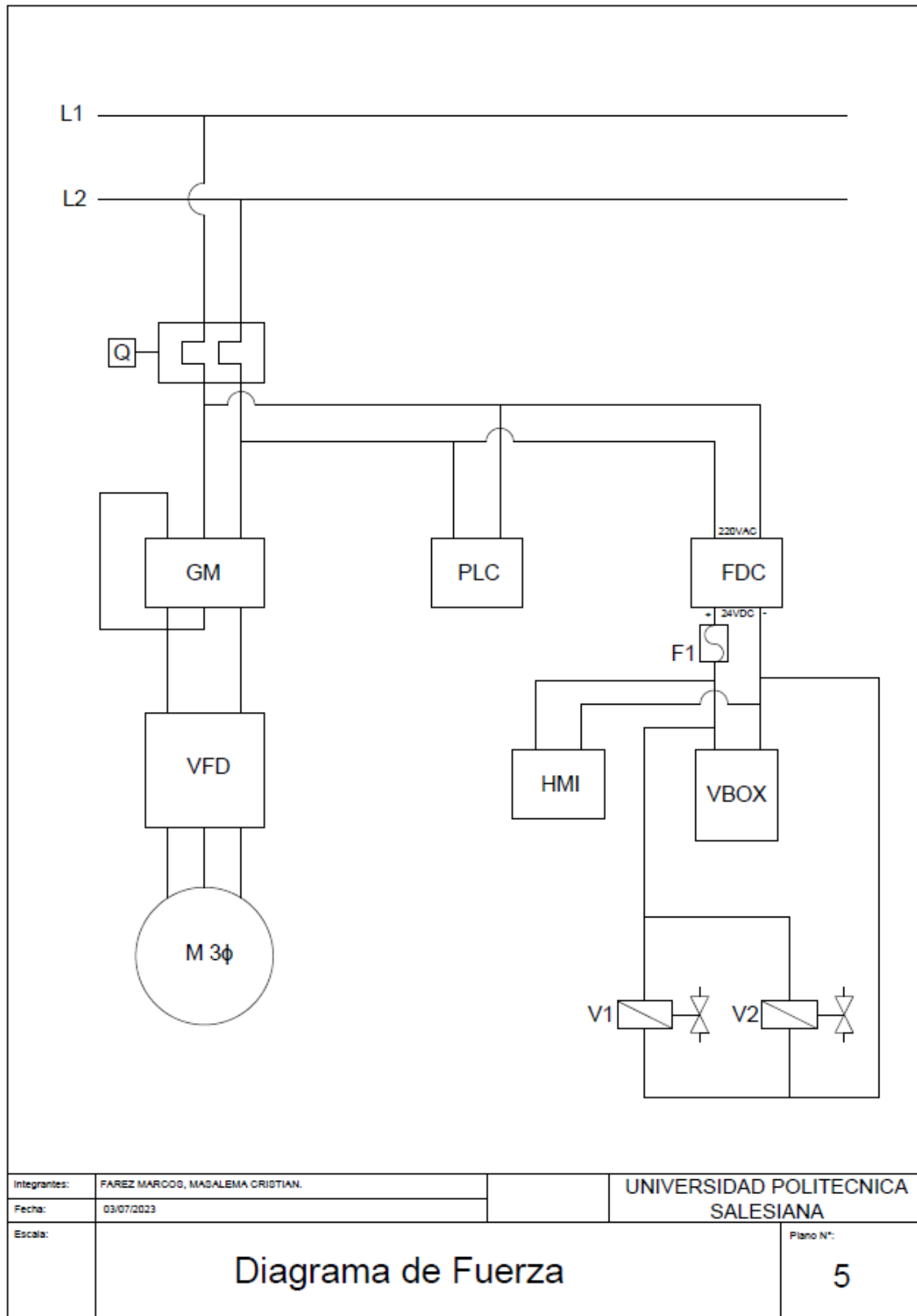
Anexo 5 leyenda usada en el escalamiento de la Señal

LEYENDA

D12	ENTRADA DIGITAL 1 / REVERSE
D11	ENTRADA DIGITAL 2 / FORWARD
AI	ENTRADA ANALÓGICA
GND	CONEXION A TIERRA
REV	SELECTOR MOTOR REVERSA/SENTIDO ANTIHORARIO
FW	SELECTOR MOTOR HACIA DELANTE/SENTIDO HORARIO
R, B, B	TERMINALES DEL SENSOR PT100
L1+	ENTRADA DE SEÑAL PT100 CH1 (+)
VI-	POLO COMÚN DEL SENSOR
L1-	ENTRADA DE SEÑAL PT100 CH1 (-)
+10V	FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE +10V
T L N	TERMINALES DE ENTRADA FUENTE DE ALIMENTACIÓN
U V W T	TERMINALES DE SALIDA DEL VARIADOR DE AC

Integrantes:	FAREZ MARCOS, MASALEMA CRISTIAN.		UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Fecha:	03/07/2023		
Escala:	Escalamiento de Señal		Plano N°: 4

Anexo 6 Diagrama de Fuerza



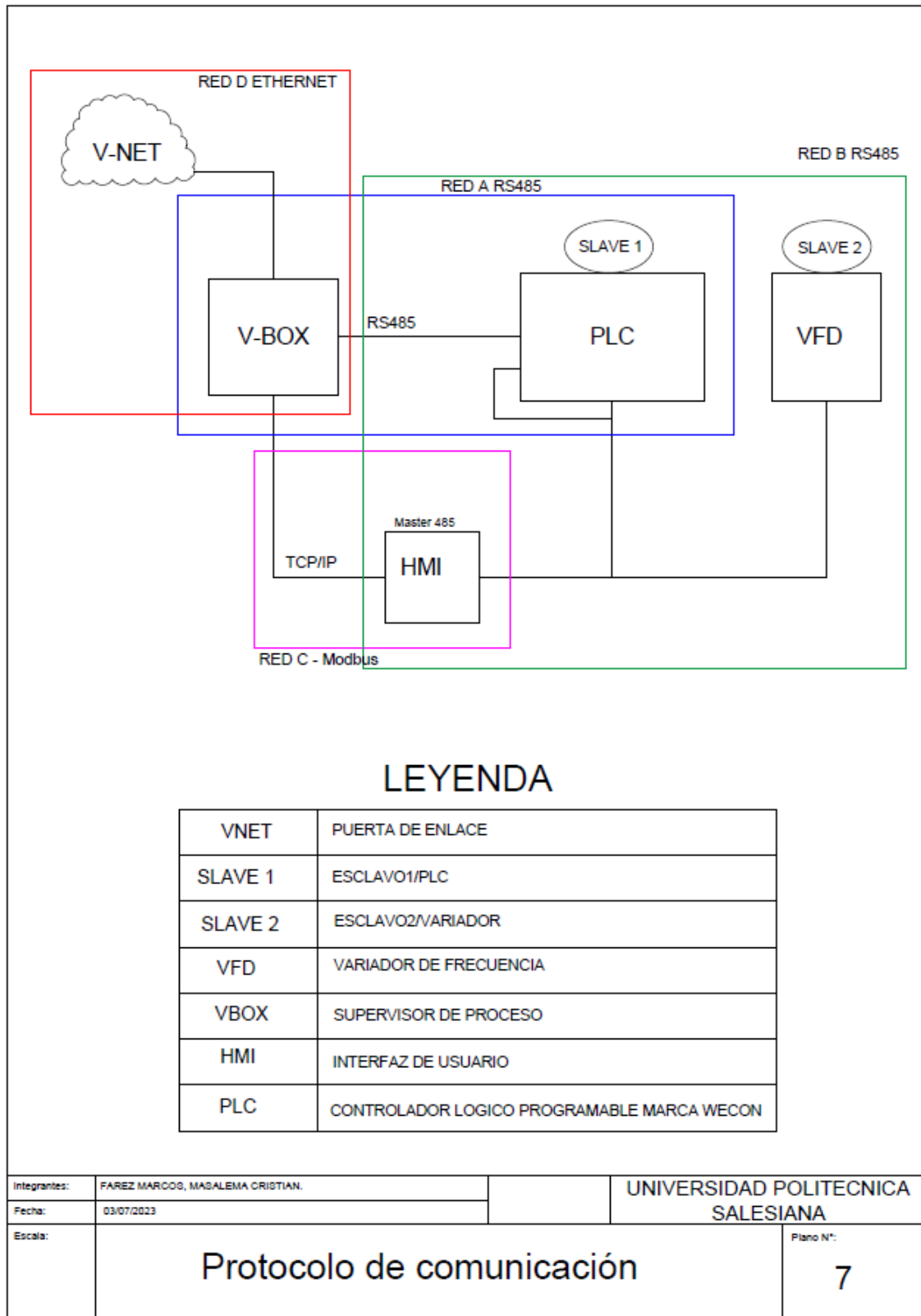
Anexo 7 Leyenda usada en el diagrama de Fuerza

LEYENDA

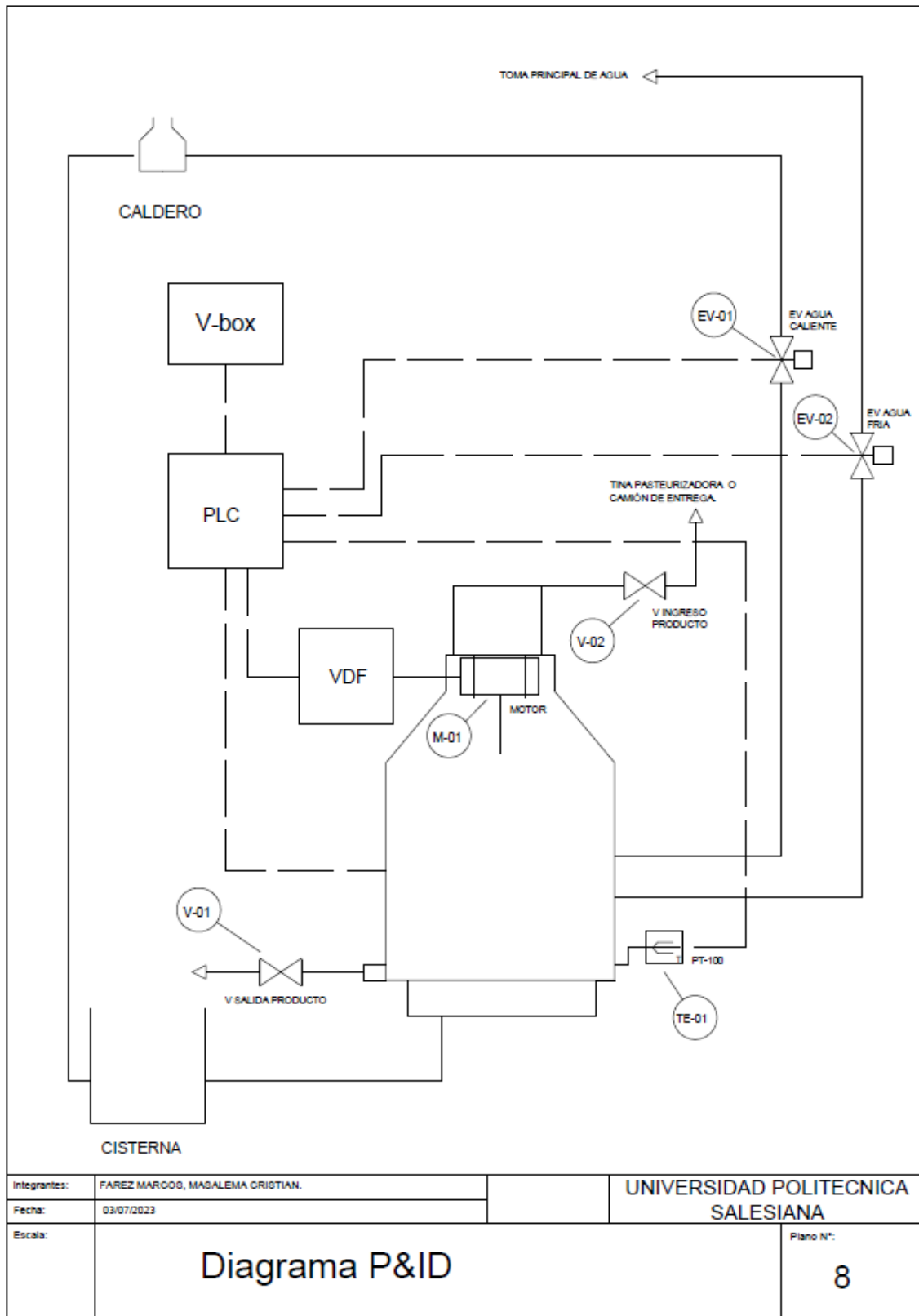
L1	LINEA 1
L2	LINEA 2
Q	RELE TÉRMICO
GM	GUARDA MOTOR
VFD	VARIADOR DE FRECUENCIA MARCA WECON
M 3 ϕ	MOTOR TRIFASICO
HMI	INTERFAZ DE USUARIO
PLC	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE MARCA WECON
FDC	TRANSFORMADOR 220AC- 24VDC
VBOX	SUPERVISOR DE PROCESOS
V1	VÁLVULA DE AGUA CALIENTE
V2	VÁLVULA DE AGUA FRIA

Integrantes:	FAREZ MARCOS, MAGALEMA CRISTIAN.	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Fecha:	03/07/2023	
Escala:	Diagrama de Fuerza	Plano N°: 6

Anexo 8 Protocolo de comunicación



Anexo 9 Diagrama P&ID



Anexo 10 Leyenda usada en el Diagrama P&ID

LEYENDA

TEXTO	DESCRIPCIÓN
V-01	VÁLVULA MANUAL PARA LA SALIDA DEL PRODUCTO
V-02	VÁLVULA MANUAL PARA EL INGRESO DEL PRODUCTO
EV-01	ELECTROVÁLVULA PARA CONTROLAR AGUA CALIENTE
EV-02	ELECTROVÁLVULA PARA CONTROLAR AGUA FRÍA
M -01	MOTOR TRIFASICO
TE-01	SENSOR DE TEMPERATURA PT-100
PLC	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE MARCA WECON
VDF	VARIADOR DE FRECUENCIA
V-box	SUPERVISOR DE PROCESOS

Integrantes:	FAREZ MARCOS, MAGALEMA CRISTIAN.	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Fecha:	03/07/2023	
Escala:		Plano N°: 9

Anexo 11 Parámetros configuración Variador

Parameter	Name	Setting Range	Default	Property	Address
F0.00	Reserved	Reserved	0	●	0000
F0.01	Command source selection	0: Operation panel control (LED off) 1: Terminal control (LED on) 2: Communication LED (LED blinking)	0	●	0001
F0.02	Setting main frequency source X	0: Digital setting (non-retentive at power failure) 1: Digital setting (retentive at power failure) 2: Keypad Knob 3: AI 4: Multi-stage speed 5: Simple PLC 6: Communication	2	●	0002
F0.03	Keypad setting frequency	0.00Hz~F0.05	50.0Hz	○	0003
F0.04	Running direction selection	0: Forward 1: Reverse	0	○	0004
F0.05	Maximum Output Frequency	50.00Hz~400.00Hz	50.0Hz	●	0005
F0.06	Upper Limit of Frequency	F0.07~F0.05	50.0Hz	○	0006
F0.07	Lower Limit of Frequency	0.00Hz~F0.06	0.0Hz	○	0007
F0.08	The option of frequency lower limit	0: Running at frequency lower limit 1: Stop 2: Standby	0	○	0008
F0.09	Carrier Frequency	1kHz~6.0kHz	6.0kHz	●	0009
F0.10	Acceleration Time 1	0.0s~100.0s	10.0s	○	000A
F0.11	Deceleration Time 1	0.0s~100.0s	10.0s	○	000B