

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de un sistema de control y monitoreo para peletizadoras en una planta de
alimentos

INGE-2209

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Mecatrónica

Presentado por:

Bryan Alexander López Estrada

Joseph Maverick Proaño Apolinario

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico con profundo cariño a mi hermana, Keila Mishelle, así como a mi abuelita Eugenia Esmerita y mi tío Jairo Alfredo. Asimismo, quiero expresar mi sincero reconocimiento y dedicatoria a mis padres, Bethsabe del Rocío y José Daniel.

Cada uno de ellos ha sido una fuente invaluable de enseñanzas y apoyo constante, guiándome con los valores esenciales que me han permitido llegar a este punto en mi trayectoria personal y universitaria.

Bryan Alexander López Estrada

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Paola Apolinario y José Proaño, mis hermanas Ana Paula y Mia Valentina, mis abuelos Isabel y Carlos, mis tíos Erika y Johnny, y todos aquellos que me acompañaron en esta linda travesía, permitiéndome desarrollarme como un buen ser humano, ante todo.

Joseph Maverick Proaño Apolinario

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios y a mi querida familia: a mi tío, madre, abuela, hermana y padre, por el inquebrantable respaldo que me han brindado a lo largo de mi trayectoria. También quiero agradecer enormemente a mis amistades por su valiosa compañía. Cada uno ha dejado una huella significativa en mi camino, contribuyendo a mi desarrollo personal y profesional.

Además, agradezco al MSc. Carlos Salazar por compartir sus conocimientos y retroalimentación de manera invaluable.

Bryan Alexander López Estrada

Agradecimientos

Agradezco a mi familia, por todo su apoyo incondicional, por ser un pilar importante en mi desarrollo profesional y personal, por siempre ser una luz de esperanza.

Un agradecimiento especial al MSc. Carlos Salazar por siempre mostrar predisposición para brindar su ayuda en este proceso.

A mi novia Emily Yépez por ser una fuente de motivación y amor.

Un agradecimiento especial a mi mascota Kler por acompañarme cada noche.

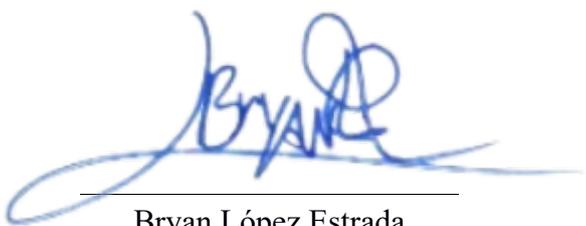
Joseph Maverick Proaño Apolinario

Declaración Expresa

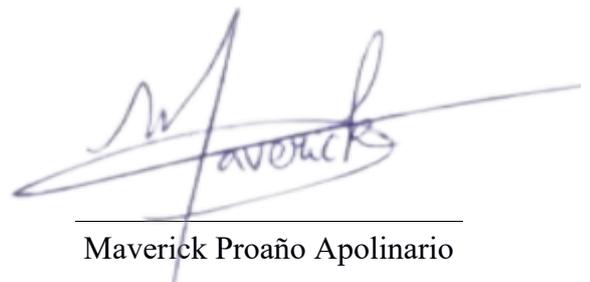
Nosotros Bryan López Estrada y Maverick Proaño Apolinario acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, enero del 2024.



Bryan López Estrada



Maverick Proaño Apolinario

Evaluadores

Efraín Terán, M.Sc.

PROFESOR DE MATERIA

Carlos Salazar, M.Sc.

TUTOR DE PROYECTO

Resumen

El proyecto se centra en diseñar un sistema de control integral para supervisar y controlar máquinas peletizadoras en una planta de alimentos, generando informes automáticos sobre paradas imprevistas y las causas subyacentes de las mismas. En la fase de desarrollo, se utilizaron programas como TIA Portal para diseñar y simular los componentes clave, incluyendo el PLC y SCADA. Se empleó el protocolo PROFINET para la intercomunicación de datos entre el controlador y el panel de operación. Se empleó el lenguaje de contactos para la programación del control, una interfaz gráfica para el diseño del SCADA y se manejaron los datos mediante un servidor SQL realizado a través de un protocolo ODBC. Además, se logró implementar el sistema SCADA en una pantalla HMI en la planta. Los resultados evidenciaron que el sistema, junto con otros servicios y programas, posibilitaron la visualización y manipulación de parámetros claves de operación, a la par que se generan informes automáticamente sobre las fallas imprevistas, los cuales se envían directamente a los altos cargos de la planta de alimentos ecuatoriana.

Palabras Clave: SCADA, informes automáticos, válvulas de control, programación, lógica de contactos.

Abstract

The project focuses on designing a comprehensive control system to check and control pelletizing machines in a food plant, generating automatic reports on unplanned shutdowns and their underlying causes. In the development phase, software such as TIA Portal was used to design and simulate the key components, including the PLC and SCADA. The PROFINET protocol was used for data intercommunication between the controller and the operator panel. Contact language was used for the programming of the control, a graphical interface was used for the SCADA design and the data was managed by a SQL server through an ODBC protocol. In addition, the SCADA system was implemented on an HMI screen in the plant. The results showed that the system, together with other services and programs, enabled the visualization and manipulation of key operating parameters, while automatically generating reports on unforeseen failures, which are sent directly to the top management of the Ecuadorian food plant.

Keywords: *SCADA, automatic reports, control valves, programming, contact logic.*

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VI
Simbología.....	VII
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tablas.....	X
Índice de planos.....	XI
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.....	2
1.1 Descripción del problema.....	5
1.2 Justificación del problema.....	7
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 Marco teórico.....	10
1.4.1 Sistema de monitoreo.....	11
1.4.2 Sistema de control.....	12
1.4.3 Controlador Lógico Programable (PLC).....	13
1.4.4 Human Machine Interface (HMI).....	14
1.4.5 Alimento peletizado (Peletización).....	15
1.5 Estado del arte.....	17
Capítulo 2.....	19
2. Metodología.....	20

2.1	Etapas de la metodología.....	20
2.1.1	<i>Etapa 1</i>	20
2.1.2	<i>Etapa 2</i>	20
2.1.3	<i>Etapa 3</i>	21
2.2	Identificación de variables	21
2.3	Requerimientos de diseño	23
2.4	Descripción y selección de alternativas de solución	24
2.4.1	<i>Propuesta 1</i>	25
2.4.2	<i>Propuesta 2</i>	26
2.4.3	<i>Propuesta 3</i>	27
2.5	Proceso de diseño	31
2.6	Diseño conceptual	32
2.7	Parámetros del diseño electrónico.....	33
2.8	Parámetros del diseño de control	35
2.9	Parámetros de programación.....	39
Capítulo 3.....		47
3.	Resultados y análisis	48
3.1	Diseño electrónico.....	48
3.2	Diseño de control	51
3.3	Programación	55
3.4	Análisis de costos	61
Capítulo 4.....		63
4.	Conclusiones y recomendaciones	64
4.1	Conclusiones	64
4.2	Recomendaciones.....	66
Referencias.....		68

Apéndices.....72

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
HMI	<i>Human-Machine interface</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
IDLE	<i>Integrated Development and Learning Environment</i>
TIA Portal	<i>Totally Integrated Automation Portal</i>
PROFINET	<i>Process Field Network</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
E/S	Entrada/Salida
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
PID	Proporcional Integral Derivativo

Simbología

mm	Milímetro
cm	Centímetro
m	Metro
mV	Milivoltios
V	Voltio
mA	Miliamperios
A	Amperio
N.m	Newton-metros
DC	Corriente directa
kg	Kilogramos
kgf	Kilogramos-fuerza
N	Newton
s	Segundos
h	Horas
min	Minutos
kp	Constante proporcional
ki	Constante integral
kd	Constante derivativa
MPa	Megapascal
kB	Kilobyte

Índice de figuras

Figura 1.1 Diferentes tipos de alimentos granulados para el cultivo de camarones	2
Figura 1.2 Máquina peletizadora de alimentos	3
Figura 1.3 Digitalización de procesos en la industria alimentaria	4
Figura 1.4 Ejemplo de planta de producción de alimento peletizado	6
Figura 1.5 Principales componentes en las agendas digitales de organizaciones ecuatorianas	8
Figura 1.6 El auge de la Industria 4.0	9
Figura 1.7 Ejemplo de un sistema SCADA	11
Figura 1.8 Diagrama básico del funcionamiento de un sistema SCADA	12
Figura 1.9 Esquema de un PLC	13
Figura 1.10 Ejemplo de un panel HMI	14
Figura 1.11 Peletizadora pequeña con diferentes alimentos peletizados	15
Figura 1.12 Máquina peletizadora de la planta de peletizado	16
Figura 1.13 Evolución de los sistemas SCADA a lo largo del tiempo	18
Figura 2.1 Representación de la alternativa de solución 1	25
Figura 2.2 Representación de la alternativa de solución 2	26
Figura 2.3 Representación de la alternativa de solución 3	27
Figura 2.4 Metodología del diseño	31
Figura 2.5 Diseño conceptual	32
Figura 2.6 Esquema eléctrico del PLC SIMATIC S7-1200	33
Figura 2.7 Conexión de energización del panel HMI KTP1200 Basic PN	34
Figura 2.8 Diagrama de conexión entre el PLC SIMATIC S7-1200 y la HMI KTP1200	38
Figura 2.9 Diagrama de arquitectura	39

Figura 2.10 Interfaz de programación por medio de lógica de contactos en TIA Portal.....	41
Figura 2.11 Interfaz gráfica para el diseño del sistema SCADA en TIA Portal.....	41
Figura 2.12 Interfaz para la programación usando VBScript en SIMATIC WinCC V7.5 SP2	42
Figura 2.13 Ejemplo e interfaz empleada para la programación con Python	43
Figura 2.14 Ejemplo de plantilla e interfaz de Power Automate.....	45
Figura 3.1 Diseño electrónico del PLC S7-1200 en CADe_SIMU	49
Figura 3.2 Diseño de la pantalla principal del sistema SCADA.....	51
Figura 3.3 Diseño de la pantalla secundaria del sistema SCADA.....	52
Figura 3.4 Simulación del SCADA	53
Figura 3.5 Ubicación de la pantalla HMI en la planta de peletizado.....	54
Figura 3.6 Implementación del SCADA en la pantalla HMI dentro de la planta de peletizado	54
Figura 3.7 Programación para el control de peletizadoras.....	56
Figura 3.8 Programación para el guardado en la base de datos.....	57
Figura 3.9 Gráficos de los tiempos de parada de todas las peletizadoras presentando la ocurrencia de falla.....	59
Figura 3.10 Evidencia de destinatarios de los informes de tiempos de inactividad de la planta de peletizado	60

Índice de tablas

Tabla 2.1 Variable dependiente	21
Tabla 2.2 Variables independientes	22
Tabla 2.3 Requerimientos de diseño	23
Tabla 2.4 Criterios de selección.....	29
Tabla 2.5 Matriz de decisión de alternativas de solución	30
Tabla 2.6 Características del PLC SIMATIC S7-1200.....	35
Tabla 2.7 Características de la pantalla HMI KTP1200 Basic PN	37
Tabla 2.8 Síntesis de parámetros y sus versiones correspondientes	46
Tabla 3.1 Tabla de costos.....	61

Índice de planos

PLANO 1 Diagrama eléctrico PLC SIMATIC S7-1200

Capítulo 1

1. Introducción

A medida que la demanda mundial de productos del mar aumenta y los recursos pesqueros naturales disminuyen [1], la nutrición acuícola se ha convertido en un papel fundamental que ayuda a satisfacer dicha tendencia al alza [2]. En este contexto, las industrias de alimentos para camarón (Figura 1.1) toman relevancia, dado que desempeñan un papel esencial al proporcionar una fuente sostenible de nutrición para el cultivo de estos crustáceos.

Figura 1.1

Diferentes tipos de alimentos granulados para el cultivo de camarones [3]



Los alimentos formulados para el cultivo de camarones contribuyen a satisfacer la creciente demanda y aportan beneficios significativos. Estos alimentos proporcionan un mayor control sobre la nutrición y el bienestar de los camarones, lo que resulta en un crecimiento óptimo y una mayor calidad. Simultáneamente, al promover la acuicultura de camarones, se reduce la presión sobre los ecosistemas marinos [4], lo que contribuye a mitigar impactos adversos de la pesca comercial en los océanos.

Conforme la producción de alimentos para camarones ha evolucionado, la necesidad de procesar y suministrar alimentos balanceados de manera eficiente se ha convertido en un aspecto fundamental. En este contexto, ha surgido la necesidad de incorporar nuevos métodos de producción de alimentos para cumplir con los requisitos nutricionales. Es por esta razón que surge la utilización de alimentos peletizados ha ganado un protagonismo creciente en las últimas décadas, respaldado por estudios que han demostrado cómo este tipo de alimento puede mejorar significativamente la eficiencia alimentaria [5] [6].

El proceso de peletizado se define como un método que utiliza una combinación de humedad, presión y calor para aglomerar partículas de origen animal y vegetal en gránulos compactos [7]. Este proceso se realiza con peletizadoras, equipos de procesamiento que transforman diversas materias primas en pequeñas piezas compactas. Un ejemplo de este tipo de equipos se puede ver en la Figura 1.2.

Figura 1.2

Máquina peletizadora de alimentos [8]



Dado que el proceso de peletizado depende de la interacción entre los parámetros de la peletizadora y otros elementos que trabajan de manera conjunta, surgen consideraciones adicionales. Ejemplo de esto son los acondicionadores, que humedecen y mezclan la materia prima antes de su introducción en la peletizadora. Estos acondicionadores presentan variables ajustables, como la temperatura y la humedad [9]. Del mismo modo, la peletizadora se apoya en otras máquinas y parámetros para lograr una producción adecuada de alimento peletizado. Así que surge la necesidad de monitorear y controlar el funcionamiento en conjunto de estos elementos.

Hoy en día, la industria de producción de alimentos para camarones experimenta una transformación significativa impulsada por la adopción de tecnologías avanzadas. La tendencia hacia la Industria 4.0 está redefiniendo la gestión de los procesos de producción y control en las plantas de alimentos (Figura 1.3). La interconexión de maquinaria, sistemas de monitoreo en tiempo real y la automatización se han convertido en elementos fundamentales de esta revolución [10].

Figura 1.3

Digitalización de procesos en la industria alimentaria [11]



Por esta razón, la importancia de monitorear y controlar una peletizadora y sus elementos como un sistema integral se vuelve imperativa. La Cuarta Revolución Industrial plantea diversas demandas, como la necesidad de implementar una automatización avanzada, promover la conectividad de sistemas y permitir el control remoto y la movilidad, entre otros aspectos.

Es necesario que las empresas adopten las nuevas tecnologías en línea con las tendencias actuales, ya que la falta de adaptación puede llevar a una reducción de la competitividad e incluso al riesgo de desaparición [12]. El sistema de control mencionado se integra directamente en esta ola tecnológica en constante evolución, lo que es fundamental en la preservación de la competitividad y la eficiencia de la planta.

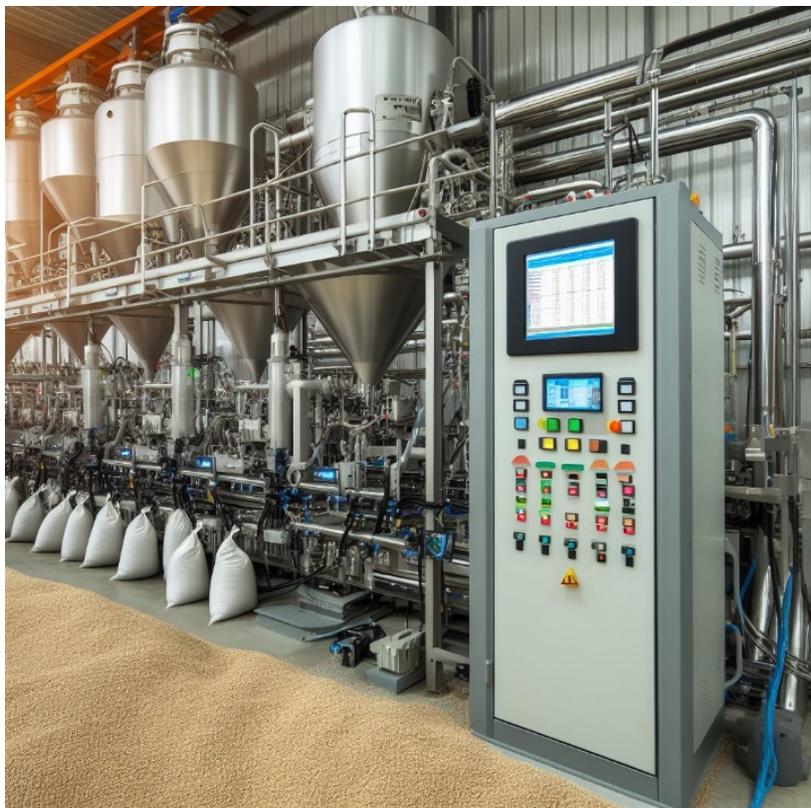
Dentro de este marco, el presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema de control y monitoreo destinado a las peletizadoras en una planta de producción de peletizado en una destacada empresa transnacional del sector. Este sistema se plantea como un pilar fundamental para facilitar la toma de decisiones respaldadas en información, optimizar los procesos y permitir una respuesta operativa ágil.

1.1 Descripción del problema

A medida que la capacidad de la planta de peletizado de una destacada empresa transnacional del sector crece, esta debe adaptarse al crecimiento de la producción para satisfacer la demanda del mercado. En este contexto, es fundamental optimizar el uso de recursos como materias primas y energía para garantizar la rentabilidad y sostenibilidad. Además, el mantenimiento de las máquinas de peletizado se vuelve aún más crítico con un mayor volumen de producción, ya que la confiabilidad de estas máquinas es esencial para evitar paradas no planificadas y garantizar la continuidad de la producción.

Figura 1.4

Ejemplo de planta de producción de alimento peletizado



En la ilustración presentada en la Figura 1.4, se proporciona un ejemplo visual de una planta de producción de alimento peletizado, donde diversos elementos constituyen una parte integral del proceso. En relación con la empresa específica abordada en este contexto, su proceso de peletizado de alimento enfrenta diversos desafíos relacionados con la operación de las máquinas peletizadoras.

En primer lugar, la carencia de un sistema de control y monitoreo para las peletizadoras. La producción queda afectada debido a paradas imprevistas en dichas máquinas. La falta de conocimiento sobre las causas subyacentes y la duración de estas paradas dificulta la capacidad de tomar medidas correctivas y aplicar medidas preventivas. Esta carencia de control conlleva a una asignación ineficaz de recursos y a la falta de un registro periódico de los períodos de inactividad de las peletizadoras, lo que resulta en gastos operativos innecesarios.

En segundo lugar, la limitación en la respuesta de los operadores ante posibles fallos. Esto se debe a la dependencia de una cabina de control que se encuentra a una distancia considerable de las peletizadoras, lo que dificulta la capacidad de tomar medidas rápidas y de manipular los elementos de estas máquinas de manera efectiva. Esta falta de agilidad en la respuesta contribuye a problemas adicionales en la producción y afecta negativamente la eficiencia de la planta.

La falta de un sistema de control y monitoreo no solo repercute en la productividad de la planta, sino que también compromete su capacidad para mantenerse competitiva en un entorno industrial que evoluciona hacia la Industria 4.0, donde la automatización avanzada y la conectividad son fundamentales [12]. Abordar estos desafíos es esencial para mantener el éxito y la competitividad en la industria de alimentos para camarones. La implementación de un sistema de control y monitoreo se revela como una solución para enfrentar estos desafíos y garantizar la competitividad en el proceso de peletizado.

1.2 Justificación del problema

Se prevé que, en los próximos tres años, las plantas de Durán y Guayaquil experimentarán un aumento significativo en la demanda de renovación tecnológica para sus procesos de producción. Incrementando la inversión en nuevas máquinas y la digitalización de estos procesos [13]. Actualmente, muchas empresas en Ecuador persiguen la adopción de la Industria 4.0. Esto se debe a que la obtención de una mayor transparencia de la información y la mejora en la toma de decisiones en una fábrica son alcanzables a través de la recopilación de datos.

Figura 1.5

Principales componentes en las agendas digitales de organizaciones ecuatorianas [14]



Diversos estudios realizados resaltan factores comunes que las empresas ecuatorianas han priorizado en su agenda digital para los próximos tres años. Estos factores se presentan en la Figura 1.5, destacando que la optimización y transformación de los procesos ocupan la segunda posición en términos de prioridad. También, es relevante resaltar que estos estudios indican que muchas empresas aún tienen margen de mejora tanto en eficiencia operativa como en la adopción de las tecnologías avanzadas, especialmente en el área de producción [14].

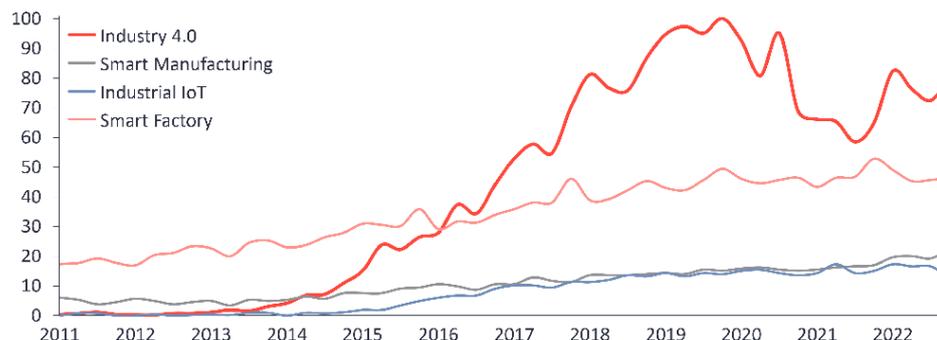
Adicionalmente, en la Figura 1.6 se presenta un ranking global del crecimiento de la Industria 4.0. Como se puede apreciar, desde el 2011 hasta el 2020, se experimentó un aumento del 90%, seguido de una disminución del 30% hasta el 2021, con una tendencia al crecimiento proyectada para el 2022 y los años venideros. Esto indica que, a nivel mundial, la necesidad de innovar y digitalizar los procesos. Las fábricas inteligentes están ganando terreno, reemplazando procesos obsoletos en el sector de la producción a escala global.

Figura 1.6*El auge de la Industria 4.0 [15]*

Your Global IoT Market Research Partner

Industry 4.0 and related terms search interest – from 2011 to 2022

Relative search interest on Google*



Note: *Numbers represent worldwide search interest relative to the highest point on the graph for the given time. A value of 100 is the peak popularity for the term. A value of 50 means that the term is half as popular.
Source: Iot Analytics Research 2022, Google Trends

En este contexto, es previsible un crecimiento y una mayor adopción de nuevas tendencias en el sector de las empresas alimenticias. Proponer un diseño que sea de fácil implementación y adaptación al entorno para las empresas de alimento peletizado se convierte en una idea de gran valor.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Diseñar un sistema integral para el control y monitoreo de las peletizadoras en una planta de procesamiento de alimentos, haciendo uso de programación de controladores lógicos programables y la validación de un sistema SCADA.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Programar controladores lógicos programables para el control y supervisión de peletizadoras en una planta de alimento peletizado.
2. Desarrollar un sistema de control capaz de reconocer los periodos de inactividad en las peletizadoras y sus causas subyacentes.
3. Integrar la automatización de la generación de informes con el objetivo de registrar los periodos de inactividad y generar documentación que respalde las decisiones estratégicas.
4. Diseño y simulación de un sistema SCADA para optimizar la supervisión y el control de las peletizadoras y sus parámetros de operación.

1.4 Marco teórico

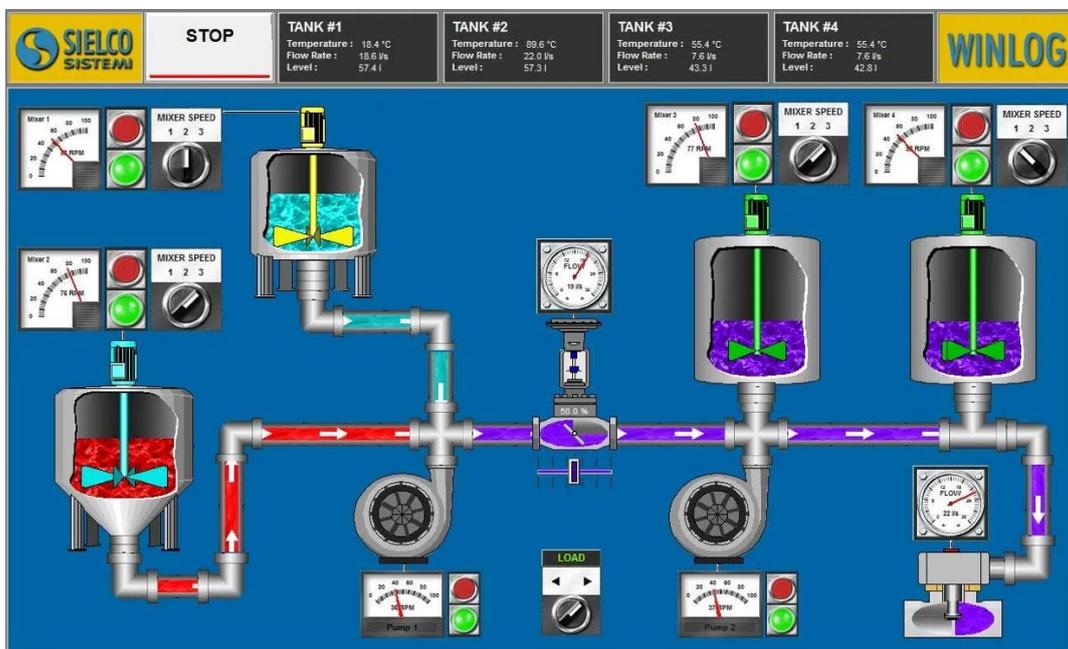
El diseño de este proyecto implica una investigación detallada en diversas áreas. Cada industria presenta necesidades, requisitos y especificaciones propias. No obstante, existen parámetros generales y fundamentales que constituyen la base para cualquier mejora específica. Por lo tanto, es sensato comenzar por comprender lo que engloba el diseño del sistema de control.

1.4.1 Sistema de monitoreo

Un Sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos, conocido como sistema SCADA, es una combinación de *hardware* y *software* que permite a las industrias controlar procesos industriales de forma local o remota. Su principal objetivo es recolectar datos en tiempo real de diversas ubicaciones, permitiendo la supervisión y el control de equipos. Su implementación conlleva una mejora en la eficiencia operativa, reducción de costos y la capacidad de proporcionar respuestas rápidas a condiciones cambiantes, lo que incrementa la seguridad del personal y del equipo [16]. En la Figura 1.7 se muestra un ejemplo de un sistema SCADA.

Figura 1.7

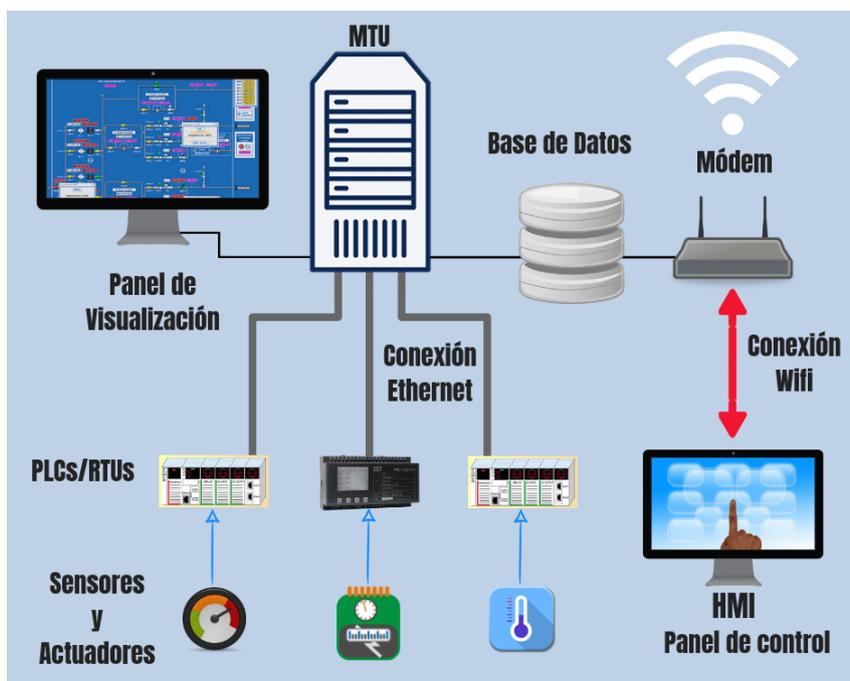
Ejemplo de un sistema SCADA [21]



La arquitectura elemental de estos sistemas involucra controladores lógicos programables que establecen comunicación con diversos dispositivos, como maquinaria, HMI, sensores y actuadores. Estos dispositivos transmiten información a computadoras equipadas con software SCADA, que se encargan de procesar, distribuir y mostrar los datos. Esto permite a operarios y técnicos analizar los datos y tomar decisiones informadas. En la Figura 1.8 se muestra un diagrama básico que ilustra los componentes de un sistema SCADA.

Figura 1.8

Diagrama básico del funcionamiento de un sistema SCADA [17]



1.4.2 Sistema de control

El centro de este proyecto está en la programación del PLC y la pantalla HMI, que se describen a continuación. Aunque cada componente es esencial para un rendimiento óptimo, con fines prácticos, se pone un énfasis particular en dos componentes robustos que combinan *hardware* y *software* sólidos, lo que simplifica la integración de otros dispositivos.

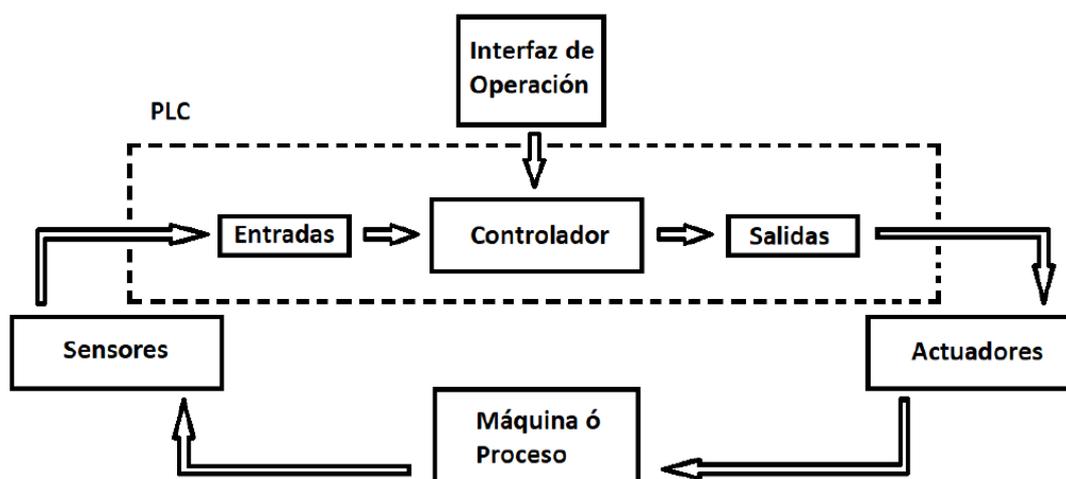
1.4.3 Controlador Lógico Programable (PLC)

Actualmente, la automatización de procesos industriales es común y se logra con controladores lógicos programables, conocidos como PLC. Estos dispositivos electrónicos compactos incluyen una memoria programable en la cual se almacenan instrucciones de control que permiten la ejecución de diversas funciones en respuesta a la información recibida por el controlador.

El PLC recibe datos por sus entradas y entrega instrucciones con sus salidas, como se aprecia en la Figura 1.9. De modo que a partir de la lógica programada en el interior de este dispositivo se van integrando sensores y actuadores para el sistema SCADA, siendo este la unidad central de control.

Figura 1.9

Esquema de un PLC [22]



1.4.4 Human Machine Interface (HMI)

En el entorno industrial actual, las responsabilidades de los operarios en la planta pueden cambiar con frecuencia, lo que demanda una gestión sólida y sencilla. Para lograr esta flexibilidad en los controladores, se recurre a un HMI. Este dispositivo consiste en un panel que facilita la comunicación del operador con la máquina o el sistema. Estas pantallas muestran valores de operación y su ventaja radica en la capacidad de controlar los dispositivos a través de una interfaz gráfica.

Es un error común confundir el HMI con un SCADA. La distinción clave radica en que el HMI es la interfaz utilizada para interactuar con el sistema SCADA en su conjunto. El SCADA recopila y almacena los datos, el HMI es el panel intuitivo con el que los usuarios operan, gestionan y visualizan estos datos, como se muestra en la Figura 1.10.

Figura 1.10

Ejemplo de un panel HMI [24]



Cada vez más empresas están optando por una HMI, diseñadas para resaltar información crítica y facilitar a los usuarios la comprensión de la gran cantidad de datos disponibles. Además, las empresas están adoptando pantallas multitáctiles, habilitando la supervisión remota y migrando hacia sistemas basados en la nube [23].

1.4.5 Alimento peletizado (Peletización)

Ecuador, a pesar de ser un país con una fuerte base agrícola, destaca en la producción acuícola, especialmente en la cría y exportación de camarones. Debido a la necesidad de procesar alimentos específicos para este marisco, se utiliza una máquina especializada conocida como peletizadora. Esta máquina tiene la función de transformar la materia prima, que se destina como alimento para los camarones, en pequeños *pellets*, generalmente de forma esférica, cuyas características pueden variar según el modelo de la máquina [25].

La peletización es un proceso que implica dar forma a una mezcla de ingredientes al comprimirlos a través de orificios de dados para crear cilindros o esferas. Este proceso aglomera los ingredientes en un producto sólido y compacto, modificando su forma y tamaño. La Figura 1.11 ilustra una máquina peletizadora sencilla empleada para la creación de *pellets*.

Figura 1.11

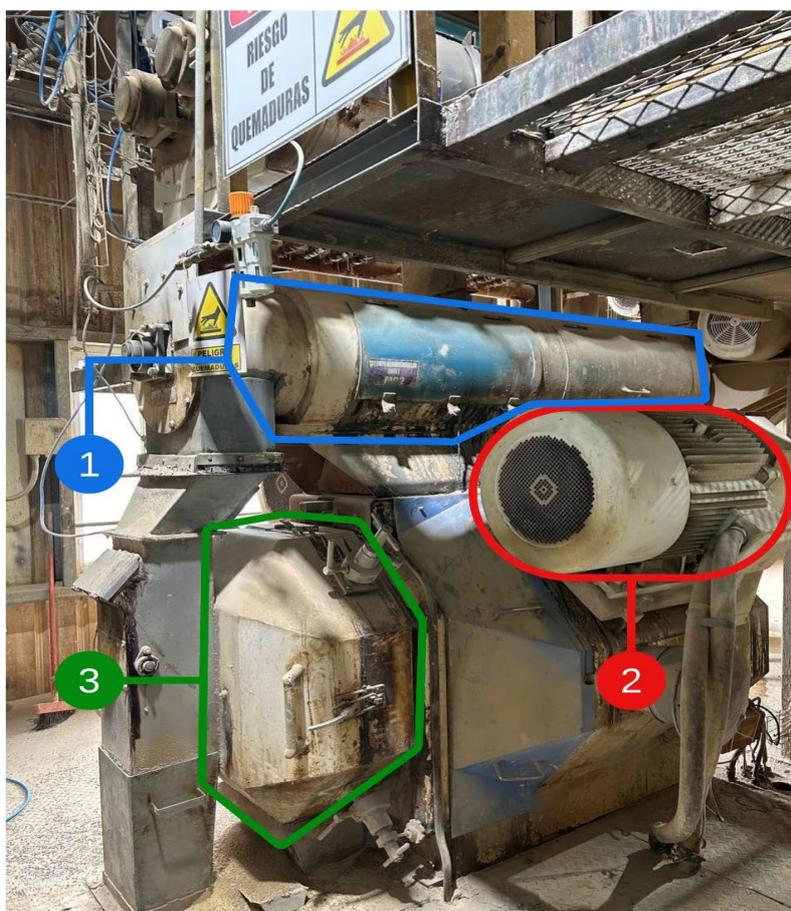
Peletizadora pequeña con diferentes alimentos peletizados [26]



En relación con la planta de alimento peletizado de la empresa abordada en este proyecto, se presenta un ejemplo específico de las máquinas peletizadoras empleadas, como se ilustra en la Figura 1.12. En esta, se destacan elementos clave, tales como un acondicionador, motor principal y prensa.

Figura 1.12

Máquina peletizadora de la planta de peletizado



Descripción del elemento en la figura

1

Acondicionador

2

Motor

3

Prensa

1.5 Estado del arte

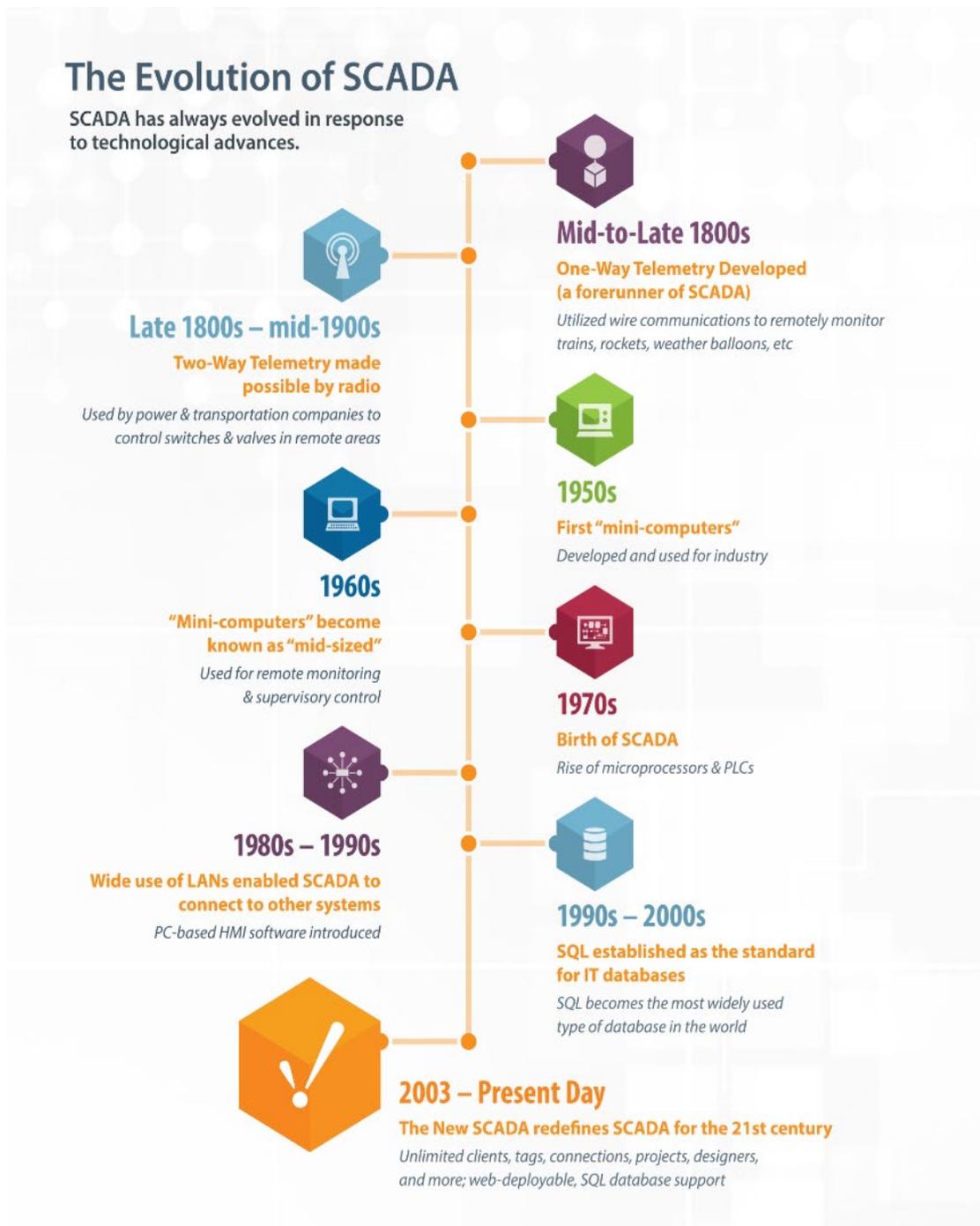
En cuanto al sistema de control para las peletizadoras, hay que destacar los sistemas SCADA, que desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de este proyecto. En sus inicios, estos sistemas se implementaban solo con el propósito de supervisar y controlar procesos, aunque con muchas limitaciones [18]. No obstante, con el tiempo han evolucionado en consonancia con las tendencias tecnológicas. En la actualidad, estos sistemas han experimentado diversas mejoras, como la modularidad, el uso de *software* basado en PLC, la reducción del *hardware* y la incorporación de bases de datos SQL, lo que representó un avance significativo en la gestión de datos [19]. La evolución de este tipo de sistema se puede apreciar en la Figura 1.13.

Existen diferentes tipos de sistema SCADA, diferenciados según su arquitectura y su distribución [27].

- ***En función a su arquitectura***
 - **Sistemas Clientes/Servidor:** La adquisición y procesamiento de datos lo realiza un servidor, al cual se conectan los clientes. Si un cliente falla, esto no afecta el rendimiento del sistema, pero la caída del servidor dejaría el sistema fuera de servicio.
 - **Sistemas Standalone:** En este tipo de arquitectura las computadoras están conectadas directamente a los controladores de proceso. De modo que todo se procesa en paralelo.
- ***En función a su distribución***
 - **Sistemas distribuidos:** Componentes físicamente separados y conectados a través de una red de comunicaciones.
 - **Sistemas centralizados:** Los componentes se encuentran en una misma ubicación.
 - **Sistemas híbridos:** Combina características de los sistemas distribuidos y centralizados.

Figura 1.13

Evolución de los sistemas SCADA a lo largo del tiempo [20]



Capítulo 2

2. Metodología

En este capítulo, se aborda la metodología utilizada para alcanzar los objetivos establecidos. Se inicia proporcionando una visión general y resumida de las etapas realizadas. Posteriormente, se exponen los requerimientos de diseño del sistema de control y monitoreo, dando paso a otras fases relevantes. Estas diversas etapas convergen en la presentación de un diseño conceptual fundamentado en parámetros de diseño, control y programación.

2.1 Etapas de la metodología

Se proporciona una síntesis en tres etapas que abarca la metodología implementada, que se detallará en secciones posteriores.

2.1.1 Etapa 1

Revisión y recopilación de información de las diversas peletizadoras, lo cual incluyó la obtención de datos relacionados con el estado, conexiones y sensores presentes en cada una de las máquinas. Este proceso permitió la identificación de parámetros clave de operación, tales como sensores de temperatura, posiciones de válvulas, frecuencias de operación, entre otras variables.

2.1.2 Etapa 2

Definición de los requerimientos de diseño, basados en las especificaciones del cliente y en un análisis del funcionamiento de las máquinas. Este análisis consideró no solo los parámetros individuales de cada peletizadora, sino también su interdependencia con otras máquinas y PLCs. El propósito de este proceso fue establecer los fundamentos para la implementación del sistema de monitoreo. Estos fundamentos incluyeron aspectos como el tiempo de respuesta, la facilidad de mantenimiento, entre otros.

2.1.3 Etapa 3

Definición de los equipos a utilizar, programas y servicios. En este contexto, se destacaron el PLC S7-1200, la HMI KTP1200 y el protocolo Ethernet/IP como las opciones más adecuadas en el entorno industrial. Además, se evaluaron diferentes programas y servicios, tales como TIA Portal, Power Automate, WinCC, entre otros, fundamentando la elección de estos elementos para la implementación del sistema.

2.2 Identificación de variables

Para conocer los indicadores para el diseño, se requiere identificar y determinar las variables asociadas a las máquinas peletizadoras. Así, se especifican las variables dependientes e independientes en la Tabla 2.1 y Tabla 2.2, respectivamente. Estas variables se obtuvieron mediante los requerimientos del cliente por los eventos más comunes en paradas imprevistas. Es importante señalar que los tipos de eventos presentados en la Tabla 2.2 son proporcionados directamente por el cliente, ya que existen otros eventos no vinculados a la planta de peletizado, como el evento 9 asociado a un cambio de cuchilla.

Tabla 2.1

Variable dependiente

Variable	Descripción	Indicador e instrumento
Tiempo de inactividad	Lapso transcurrido desde la ocurrencia de un fallo, que causa algún tipo de paro, hasta el momento en que se reinicia la peletizadora.	Los eventos de interrupción de las máquinas pueden ser cuantificados mediante observación directa con un cronómetro.

Tabla 2.2*Variables independientes*

Tipo de evento	Variable asociada
0	Falla mecánica
1	Falla eléctrica
2	Falla electrónica
3	Falla operacional
4	Cambio de dado
5	Atoramiento
6	Tolvas de producto llenas
7	Falta de materia prima
8	Cambio de producto
11	Arranque de máquina
12	Corte de energía

2.3 Requerimientos de diseño

Con el objetivo de diseñar un sistema integral de control y monitoreo de peletizadoras, se establecieron criterios específicos proporcionados por el cliente, complementados con consideraciones adicionales derivadas del análisis detallado de las máquinas. La Tabla 2.3 presenta de manera detallada estos requerimientos.

Tabla 2.3

Requerimientos de diseño

Tipo de requerimiento	Detalles
Electrónico	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe verificar disponibilidad de puertos de comunicación del PLC • La configuración de los parámetros de red debe ser coherente con la subred utilizada en la planta
De control	<ul style="list-style-type: none"> • La interfaz de control debe ser intuitiva y de fácil uso • El SCADA debe tener la capacidad de monitorizar en tiempo real el estado y parámetros de las máquinas, además de tener notificaciones visuales para alertar sobre posibles problemas • Se debe contabilizar tiempos de parada a partir de que el alimentador de la peletizadora se encuentre apagado • Se debe impedir la posibilidad de encender las peletizadoras hasta que se resuelva y se determine la causa de la parada

Tipo de requerimiento	Detalles
Programación	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe desarrollar código modular y flexible que permita la fácil incorporación de nuevas funciones • El código debe tener escalabilidad para adaptarse a cambios en los requisitos o expansión del sistema • Se debe emplear lenguaje de contactos para la programación del PLC • La base de datos en la cual se alojan los datos debe tener estructura relacional • Se debe proporcionar documentación detallada del código, incluyendo comentarios explicativos • Tener un registro histórico de los tiempos de parada y sus causas mediante bases de datos • Los tiempos de parada y sus causas se deben enviar automáticamente al departamento de operaciones, mantenimiento y producción

2.4 Descripción y selección de alternativas de solución

Con base en el problema del Capítulo 1, se presentan a continuación tres alternativas de solución que abordan la parte de control y la de programación. El objetivo es elegir un sistema integral que satisfaga los requerimientos de diseño de ambas áreas sin comprometer ninguna de ellas.

2.4.1 Propuesta 1

Implementación de un sistema de control integral que no solo supervise los parámetros de operación y los tiempos de parada de las peletizadoras en tiempo real, sino que también utilice algoritmos predictivos para anticipar posibles fallas. Los tiempos de parada estarían alojados en una base de datos NoSQL, facilitando así la flexibilidad de los datos. Además, la ventaja de este enfoque es la capacidad de tomar medidas preventivas antes de que ocurran problemas críticos, reduciendo así los tiempos de inactividad no planificados.

Figura 2.1

Representación de la alternativa de solución 1



2.4.2 Propuesta 2

Diseño de un sistema de control y monitoreo basado en la nube. El SCADA central y el PLC estarán conectados a una plataforma en la nube, lo que permitirá el acceso remoto, la monitorización en tiempo real y el acceso a las bases de datos de los tiempos de parada. La interfaz de control será accesible a través de dispositivos móviles y computadoras. Esta alternativa se centra en la movilidad, la accesibilidad y la seguridad de los datos, brindando una solución moderna y adaptable a las demandas de la Industria 4.0.

Figura 2.2

Representación de la alternativa de solución 2



2.4.3 Propuesta 3

Diseño un sistema integral que combina un SCADA con capacidades de visualización de los parámetros operativos de las peletizadoras y un diseño de control implementado a través de lógica de contactos¹ en el PLC. El SCADA permitirá la monitorización y manipulación en tiempo real de los parámetros de operación. Paralelamente, el PLC estará programado para contabilizar los tiempos de inactividad, guardar las causas subyacentes de las mismas y enviar estos datos a una base de datos SQL alojada en un servidor local.

Figura 2.3

Representación de la alternativa de solución 3



¹ También llamado lenguaje **Ladder**

Las tres propuestas se evaluaron según diversos criterios, establecidos para que sirvieran como indicadores cuantitativos para identificar la solución más viable respecto al problema planteada. En la Tabla 2.4, se presenta la ponderación de pesos correspondiente a cada criterio, los cuales se describen a continuación.

- **Costos asociados:** Gastos relacionados con la implementación y mantenimiento del sistema, como hardware, software, instalación inicial y costos de soporte técnico.
- **Seguridad de datos:** Capacidad del sistema para proteger la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos.
- **Flexibilidad y adaptabilidad:** Capacidad del sistema para ajustarse y evolucionar frente a cambios en los requisitos operativos, tecnológicos o de negocio.
- **Precisión:** Exactitud y confiabilidad de los datos recopilados y procesados por el sistema.
- **Integración con sistemas existentes:** Calidad del sistema propuesto para trabajar de manera armoniosa con los sistemas y dispositivos ya presentes en la planta.
- **Uso intuitivo:** Se debe contar con una interfaz clara en el monitoreo y el HMI (Human Machine Interface), debe entenderse para cualquier usuario que tenga a su disposición el sistema.

Tabla 2.4*Criterios de selección*

Criterio	Ranking	Peso relativo	Porcentaje
Seguridad de datos	1	5	25%
Precisión	2	4	20%
Flexibilidad y adaptabilidad	3	4	20%
Integración con sistemas existentes	4	3.5	17.5%
Costos asociados	5	2	10%
Uso intuitivo	6	1.5	7.5%
Peso total		20	100%

Tras analizar las propuestas de solución con base en los criterios predefinidos, la selección de la propuesta tres es la opción más sólida para abordar el problema identificado. Este análisis pondera la alta seguridad, precisión y la capacidad de integrarse sin inconvenientes con los sistemas ya existentes. Para una comprensión detallada de estos criterios y sus respectivos pesos, se presenta la Tabla 2.5 como referencia.

Tabla 2.5*Matriz de decisión de alternativas de solución*

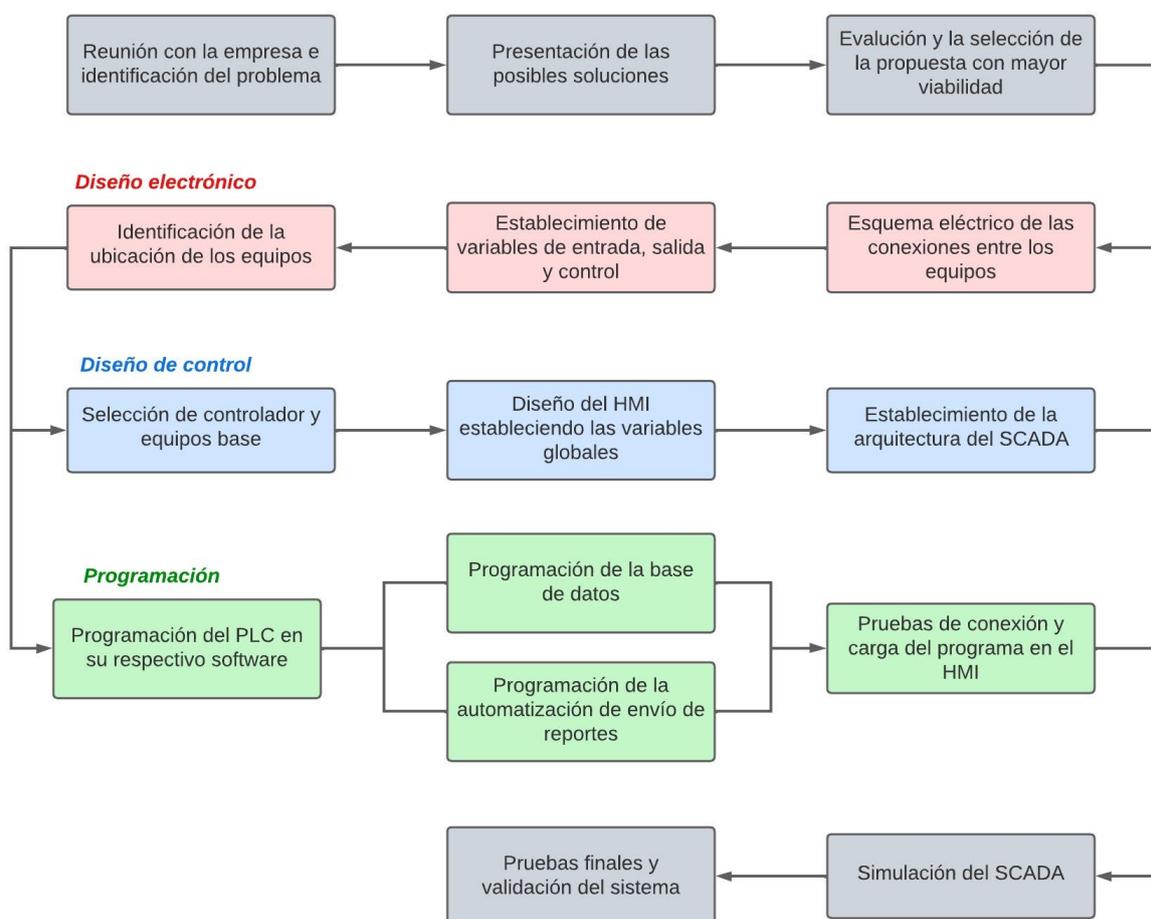
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Total
Descripción	Seguridad de datos	Precisión	Flexibilidad y adaptabilidad	Integración con sistemas existentes	Costos asociados	Uso intuitivo	
Peso	5	4	4	3.5	2	1.5	20
%	25	20	20	17.5	10	7.5	100
Calificación							
Propuesta 1	7	5	8	5	7	6	6.4
Propuesta 2	7	6	7	7	7	8	6.8
Propuesta 3	8	7	7	8	6	7	7.3

2.5 Proceso de diseño

Varias etapas fueron desarrolladas y revisadas para el diseño final, considerando los objetivos previamente planteados y las necesidades del cliente. A continuación, en la Figura 2.4 se presenta dicho proceso.

Figura 2.4

Metodología del diseño



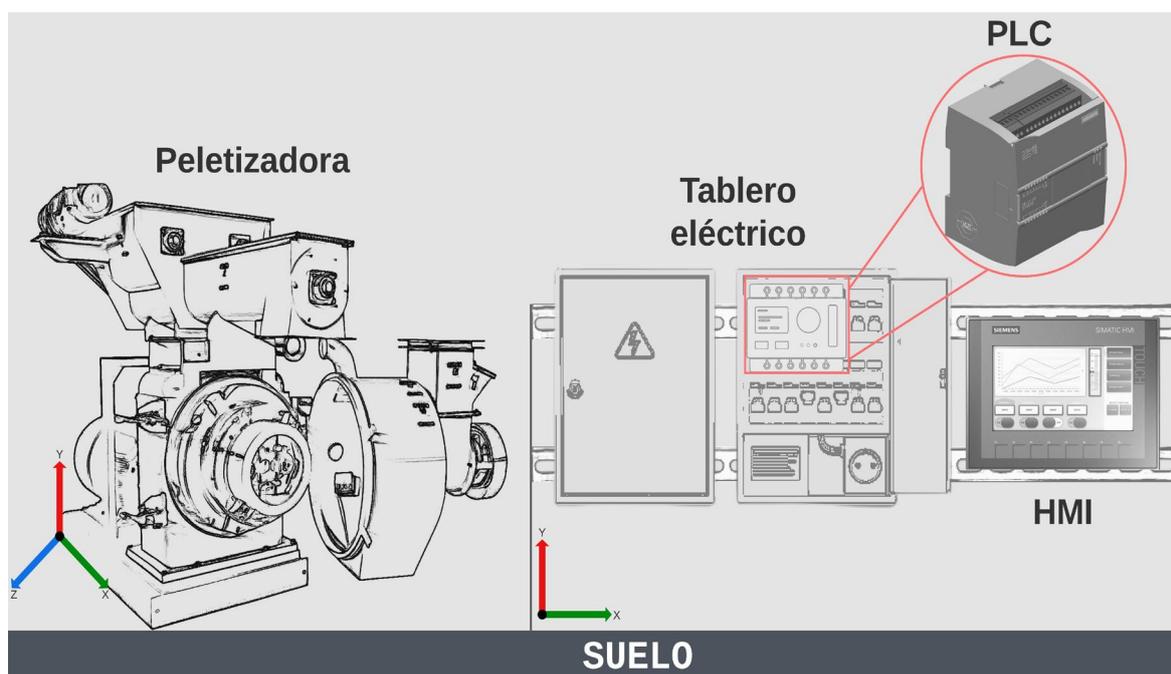
Nota. La figura muestra la secuencia escogida para desempeñar las actividades en las disciplinas involucradas para este proyecto. Los pasos en paralelo representan un desarrollo simultáneo.

2.6 Diseño conceptual

En consonancia con los requisitos del cliente, la Figura 2.5 presenta una versión preliminar de la solución seleccionada. En esta representación, se destacan las principales componentes del sistema SCADA de manera integral. Esta figura abarca tanto los elementos electrónicos como las partes relacionadas con el control y la programación, detalladas en secciones posteriores. Esta visualización inicial sirve como punto de referencia para la comprensión global de la solución propuesta y sus distintos componentes.

Figura 2.5

Diseño conceptual



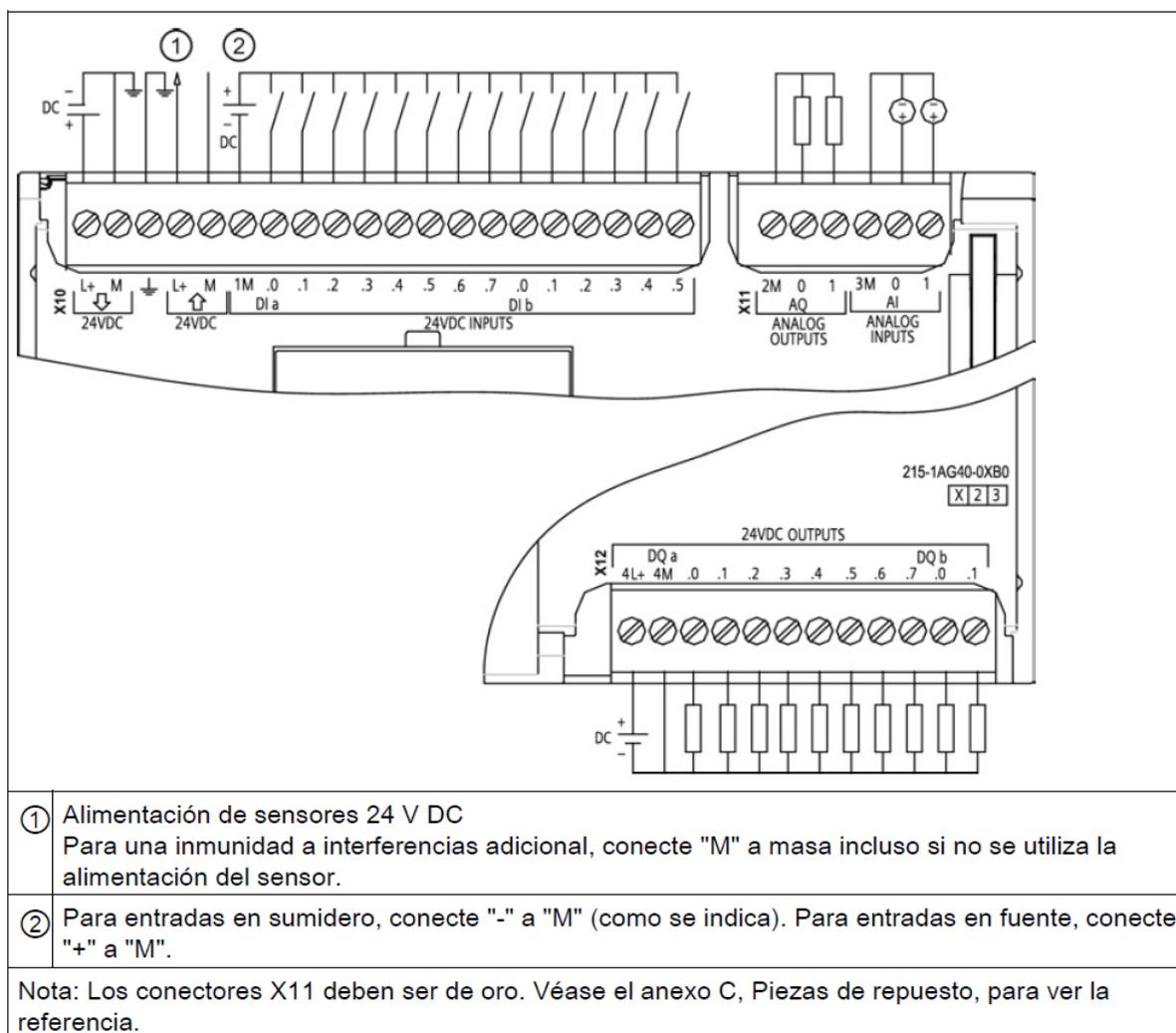
Nota. La figura muestra a la peletizadora y el PLC en vista isométrica, mientras que los componentes restantes en vista frontal. Esto se hace para una mejor visualización del diseño global, así se puede identificar todas las partes involucradas en el boceto con facilidad.

2.7 Parámetros del diseño electrónico

En este apartado, se incluye la Figura 2.6, que exhibe el esquema eléctrico del PLC (SIMATIC S7-1200). Este esquema resulta fundamental para llevar a cabo las conexiones necesarias, asegurando tanto la alimentación adecuada de los componentes como la integración eficiente de los elementos de entrada y salida en el sistema.

Figura 2.6

Esquema eléctrico del PLC SIMATIC S7-1200 → CPU 1215C DC/DC/DC (6ES7 215-1AG40-0XB0) [30]

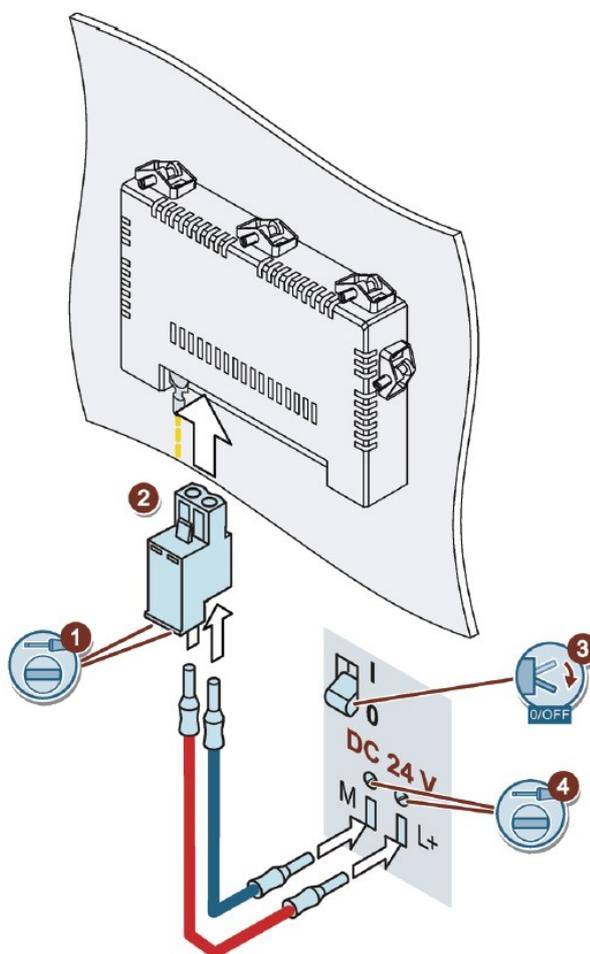


La Figura 2.7 presenta la conexión de alimentación eléctrica para el HMI, mediante una fuente de poder de 24 V de corriente directa (DC). Cabe mencionar que, toda implementación industrial debe contar con un circuito de protección externo, para evitar daños en el equipo ante sobrecargas inesperadas.

Figura 2.7

Conexión eléctrica del panel HMI KTP1200 Basic PN con la fuente de alimentación [31]

1. Una ambos cables de alimentación de la forma ilustrada con el conector de alimentación. Fije los cables de alimentación con un destornillador plano.
2. Enchufe el conector de alimentación al panel de operador. Compruebe que la polaridad de los cables sea correcta observando el etiquetado de las interfaces de la parte posterior del panel de operador.
3. Desconecte la fuente de alimentación.
4. Introduzca los otros dos extremos de los cables en las conexiones de la fuente de alimentación y fíjelos con un destornillador plano. Vigile que la polaridad sea la correcta.



Ambos equipos cuentan con sus manuales de operación por parte del proveedor, explicando a detalle todo su funcionamiento. Sin embargo, los parámetros de la Figura 2.6 y Figura 2.7 son las más relevantes en cuanto incluyen la energización del equipo y sus conexiones con elementos externos (E/S tanto digitales como analógicas).

2.8 Parámetros del diseño de control

En el diseño del sistema de control, se priorizó la selección del PLC, la interfaz HMI y el protocolo industrial, factores cruciales para la integración y supervisión de las máquinas peletizadoras en la producción de alimento peletizado. La elección del PLC define la lógica de control, la interfaz HMI facilita la visualización y manipulación de parámetros en tiempo real, y el protocolo industrial garantiza una comunicación efectiva entre los dispositivos.

En relación con el controlador lógico programable (PLC) utilizado, se empleó el SIMATIC S7-1200, cuyas características principales se presentan en la Tabla 2.6. Para obtener información más detallada acerca de sus especificaciones, se proporcionan características adicionales en el **Apéndice A**.

Tabla 2.6

Características del PLC SIMATIC S7-1200

Figura	Características
	CPU 1215C
	Voltaje de alimentación (nominal): 24VDC
	Consumo (valor nominal): 500mA, solo CPU
	Memoria integrada de 200 kB
	E/S integradas: 14 entradas digitales 24 V DC; 10 salidas digitales 24 V DC; 0,5A; 2 entradas analógicas 0-10V

Este PLC se seleccionó principalmente por su predominancia en la empresa donde se realiza el proyecto. Aunque la compañía utiliza otros PLC como los SIMATIC S7-300 o Control Logix 5580 en menor medida, el PLC elegido destaca por su alta compatibilidad con diversos dispositivos, especialmente con la pantalla que se detallará más adelante. En el **Apéndice B**, se presenta una tabla comparativa que analiza los diferentes parámetros considerados para la elección entre estos tres tipos de PLC.

En cuanto a la Interfaz Hombre-Máquina (HMI), se optó por la pantalla SIMATIC HMI KTP1200, cuyas características fundamentales se exponen en la Tabla 2.7. Aunque se clasifica como un panel básico, este dispositivo ofrece diversas funcionalidades notables. Destaca una paleta de colores que posibilita la diferenciación de elementos en la interfaz de usuario, que se usó directamente en alarmas, parámetros y estados de los equipos. Dado que la mayoría de la planta utiliza controladores SIMATIC, esta pantalla, al ser un producto Siemens, se integró sin inconvenientes y permitió la manipulación de diversas variables de diferentes PLC, mostrando así su alta escalabilidad. Además, su compatibilidad con la interfaz PROFINET, detallada después, facilitó una integración fluida en tiempo real.

Para obtener más información sobre sus especificaciones, se proporcionan detalles adicionales en el **Apéndice C**.

Tabla 2.7*Características de la pantalla HMI KTP1200 Basic PN*

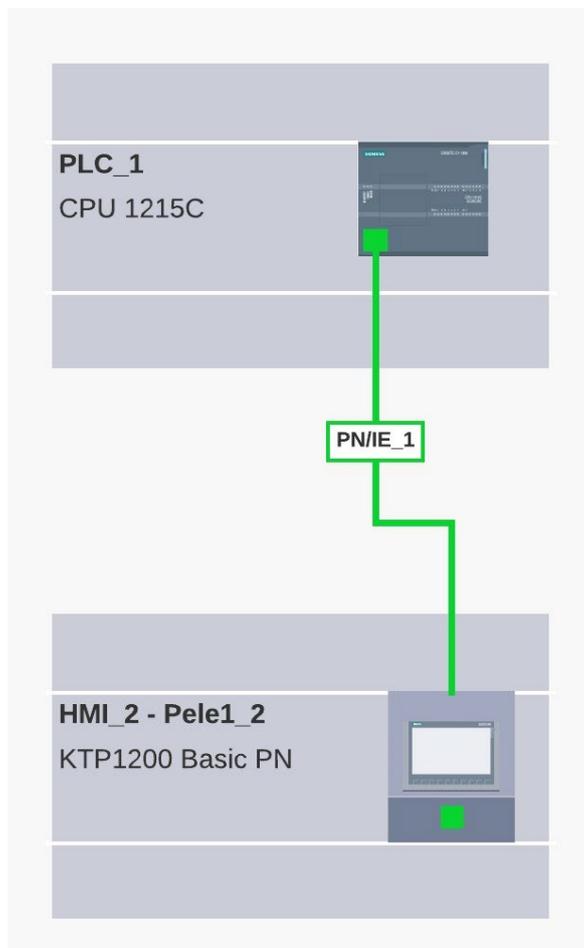
Figura	Características
	Manejo por teclado/táctil
	Pantalla TFT de 12"
	65536 colores
	Interfaz PROFINET
	Resolución de 1280 x 800 pixeles

La elección del protocolo PROFINET para establecer la conexión entre el PLC y la pantalla HMI se basó en su amplio uso y eficiencia en términos de tiempo de respuesta en la planta de la empresa. Dada la naturaleza de la aplicación, centrada en la visualización y manipulación en tiempo real de parámetros, PROFINET se destacó como la opción óptima. Además de su eficiencia temporal, este protocolo industrial proporcionó una transmisión de datos robusta, minimizando la posibilidad de fallos en la conexión.

La conexión entre el PLC y la pantalla HMI se llevó a cabo utilizando el mismo programa utilizado para la programación del PLC y el diseño del SCADA, detalles que se abordarán más adelante. Esta elección facilitó la conexión de elementos pertenecientes a la misma familia de Siemens, simplificando el proceso. La Figura 2.8 ilustra el diagrama de conexión entre el PLC y la pantalla mediante el protocolo PROFINET.

Figura 2.8

Diagrama de conexión entre el PLC SIMATIC S7-1200 y la HMI KTP1200

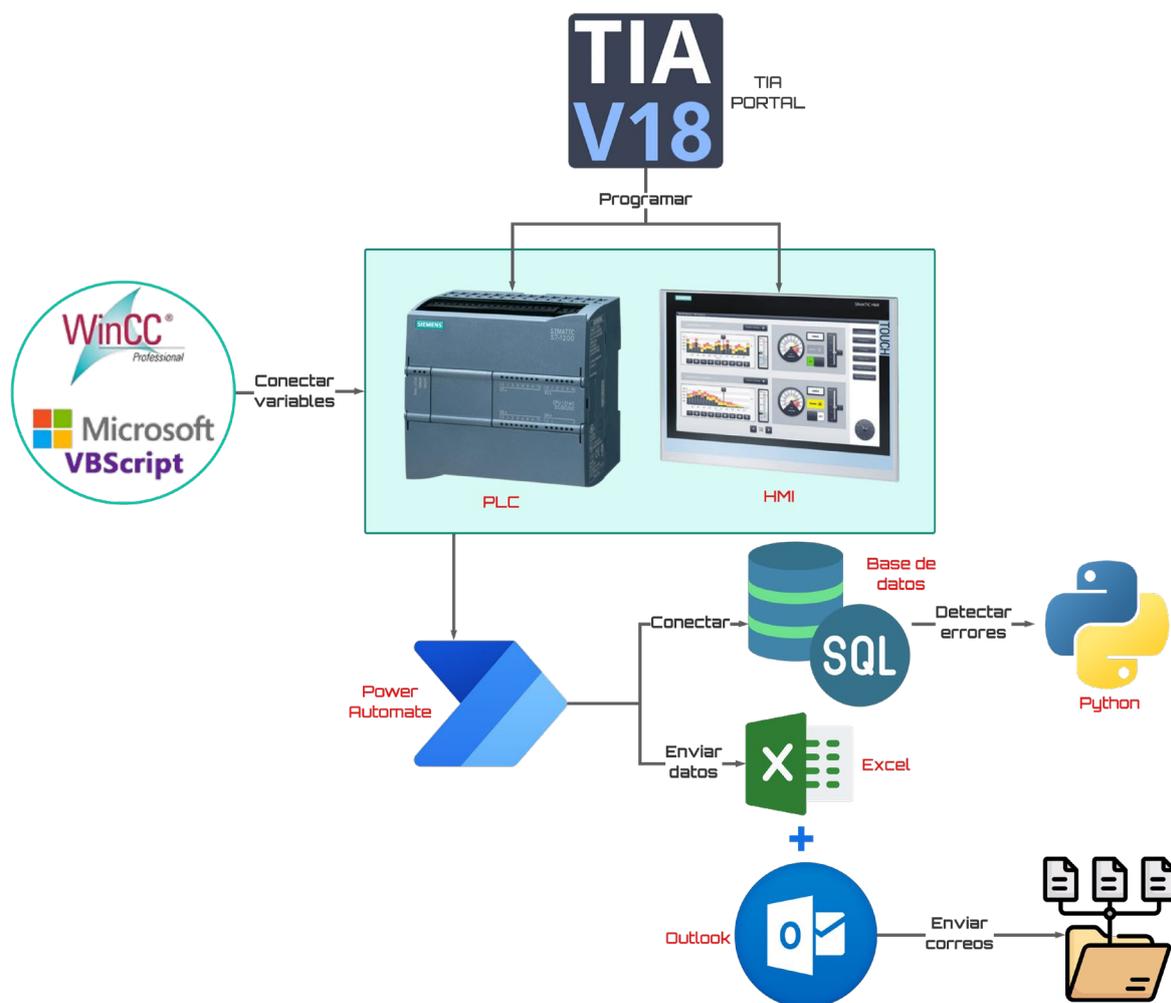


2.9 Parámetros de programación

Para desarrollar un diseño final que cumpla con los requisitos del cliente, se han tenido en cuenta restricciones relacionadas con los lenguajes de programación y programas a utilizar. Asimismo, se llevaron a cabo simulaciones de cada componente programado y sus configuraciones asociadas. De manera global, se presenta el diagrama de arquitectura en la Figura 2.9, el cual ilustra la interacción entre los parámetros de programación.

Figura 2.9

Diagrama de arquitectura



Con respecto al programa TIA Portal, este se usó para programar el PLC, diseñar y configurar el sistema SCADA. En la programación del código de control, se optó por el uso de lógica de contactos. Esta elección se fundamenta en los requisitos del cliente, quien busca una alta transparencia en la lógica de control e integración con códigos de control preexistentes en el PLC. La selección de la lógica de contactos garantizó una implementación con las preferencias del cliente y facilita la comprensión y mantenimiento del sistema en el futuro.

En el proceso de diseño de la interfaz HMI, se hizo uso del entorno proporcionado por el programa, aprovechando su interfaz gráfica de usuario. Esta herramienta permitió la disposición intuitiva de elementos gráficos mediante la simple acción de arrastrar y soltar sobre un lienzo de diseño. Cada elemento se asoció a variables creadas mediante la lógica de contactos en el PLC. Así, se cumplió con el objetivo de establecer una conexión directa entre las variables en el programa del PLC y la interfaz gráfica, posibilitando la representación en tiempo real del estado del sistema, requisito esencial para el diseño del proyecto.

En las Figuras 2.10 y 2.11, se presenta la interfaz utilizada tanto para la programación en lenguaje de contactos como para el diseño del sistema SCADA, respectivamente.

Figura 2.10

Interfaz de programación por medio de lógica de contactos en TIA Portal

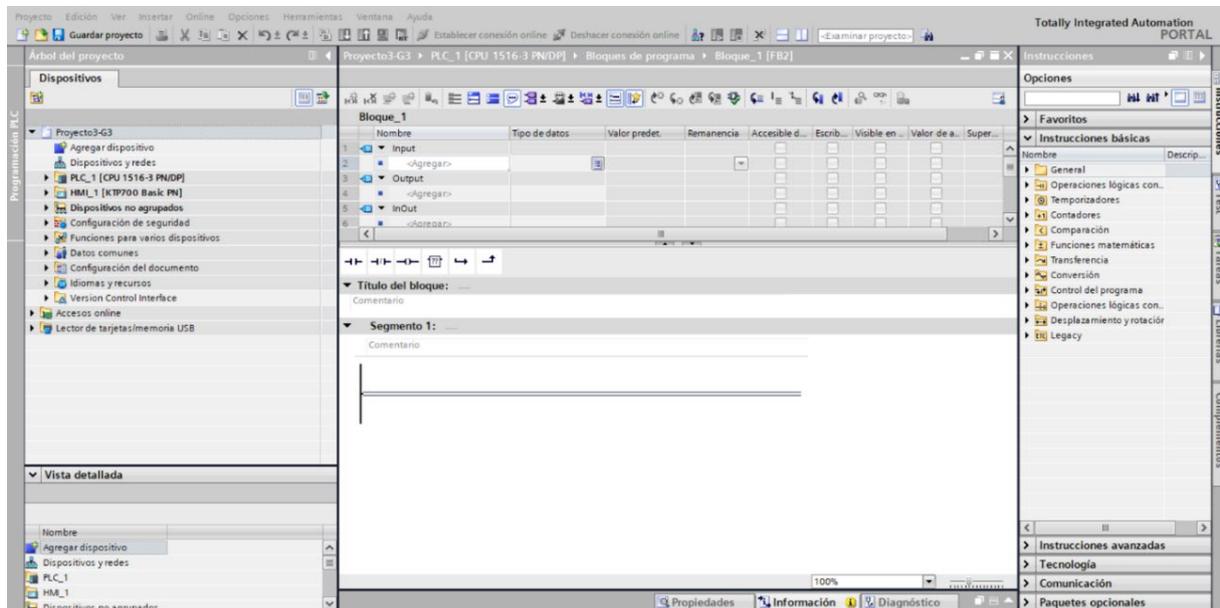
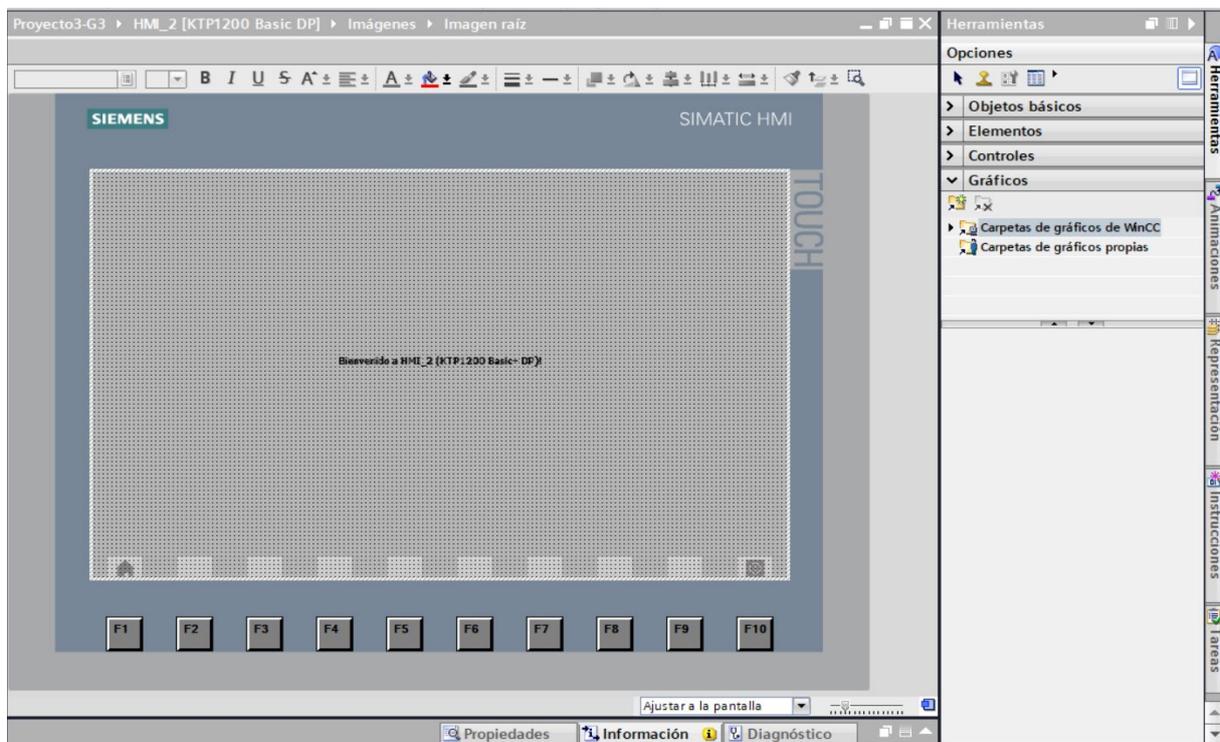


Figura 2.11

Interfaz gráfica para el diseño del sistema SCADA en TIA Portal

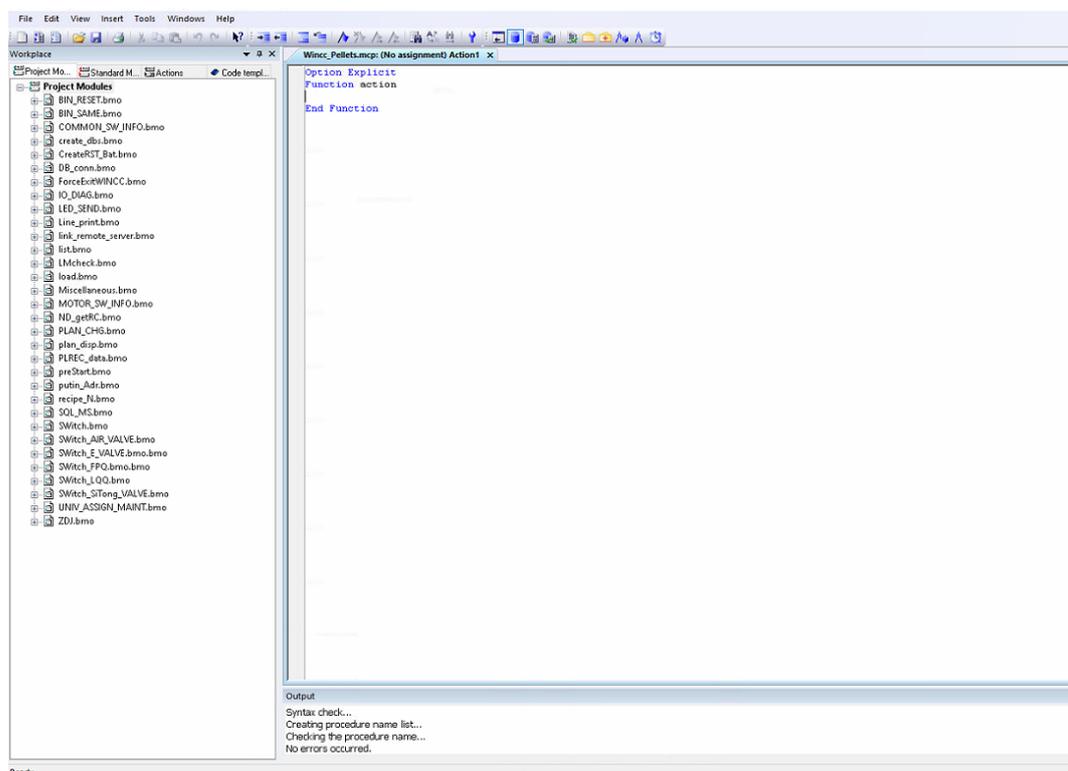


Continuando con el diagrama de arquitectura, se eligió el lenguaje VBScript, disponible como una herramienta dentro del programa SIMATIC WinCC. La implementación de VBScript permitió la gestión de eventos dentro del sistema SCADA, permitiendo así la integración con una base de datos SQL alojada localmente en un servidor de la empresa. La creación y gestión de la tabla para almacenar los eventos del sistema SCADA se llevó a cabo mediante el programa SQL Server Management Studio.

Se optó por el programa SIMATIC WinCC de Siemens debido a su integración directa con sistemas previamente establecidos, facilitando así la adaptación de lo programado en TIA Portal. La elección de una base de datos SQL se fundamentó en su capacidad de proporcionar escalabilidad, seguridad y una estructura relacional, satisfaciendo así los requisitos del cliente. En la Figura 2.12 se puede apreciar la interfaz de programación en VBScript.

Figura 2.12

Interfaz para la programación usando VBScript en SIMATIC WinCC V7.5 SP2



Python se utiliza para realizar un paso adicional destinado a detectar y filtrar errores en los datos ya almacenados. En esta fase, se emplea Python para eliminar filas que contienen valores duplicados o datos incorrectos. En ciertas situaciones, como cortes de energía o fallas en la red, el programa SIMATIC WinCC experimenta interrupciones temporales, lo que resulta en la inserción incorrecta de filas adicionales, comprometiendo la precisión del informe final con valores inexactos.

Python se eligió debido a su conveniencia para manipular bases de datos gracias a su practicidad y versatilidad. En contraste con la programación SQL, Python proporcionó una sintaxis más sencilla y flexible, facilitando la realización de operaciones complejas de manera intuitiva. En la Figura 2.13 se puede apreciar un ejemplo y el IDLE empleado para programar con Python.

Figura 2.13

Ejemplo e interfaz empleada para la programación con Python



```
Ejemplo.py - C:\Users\User\Desktop\Python Pruebas\Ejemplo.py (3.10.10)
File Edit Format Run Options Window Help
# Programa Python para barajar una baraja de cartas

# importar módulos
import itertools, random

# hacer una baraja de cartas
deck = list(itertools.product(range(1,14),['Spade','Heart','Diamond','Club']))

# barajar las cartas
random.shuffle(deck)

# roba cinco cartas
print("Te salio:")
for i in range(5):
    print(deck[i][0], "de", deck[i][1])

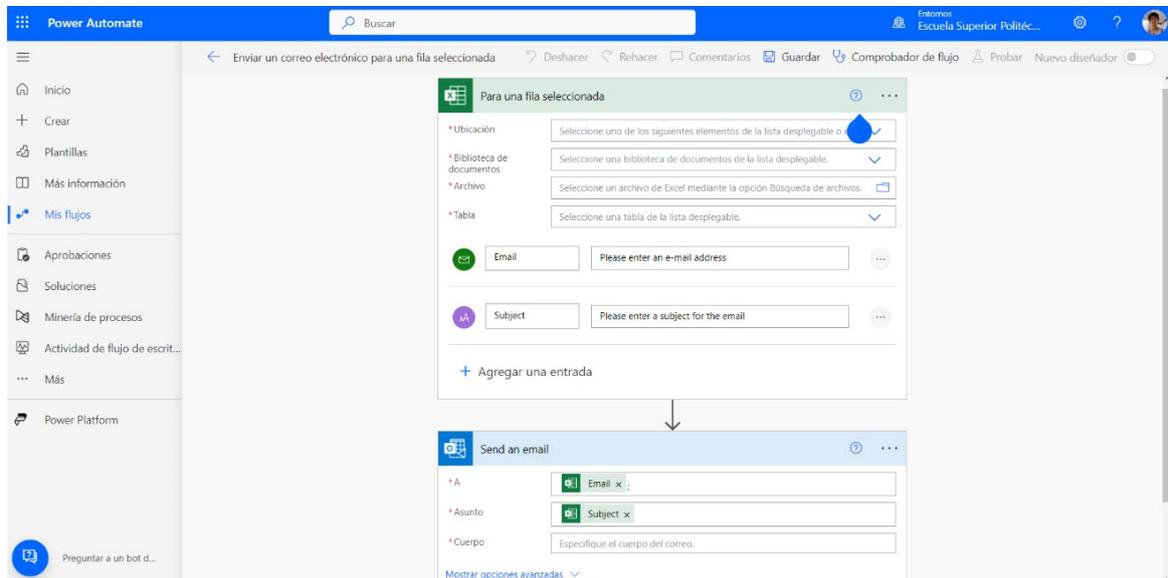
Ln: 12 Col: 0
```

Con el fin de abordar la automatización de la gestión y el envío de correos con la información almacenada en la base de datos, se implementa Power Automate, el cual es un servicio de automatización en la nube. Esta plataforma se destaca por su capacidad para integrarse sin inconvenientes con aplicaciones y servicios de Microsoft, como Office 365, lo que posibilita una conexión directa con Microsoft Excel Online y Microsoft Outlook. La Figura 2.14 exhibe un ejemplo de una plantilla proporcionada por esta plataforma.

La elección de Power Automate se fundamenta en la utilización por parte de la empresa de un dominio personalizado para los correos de los empleados, una funcionalidad que se incluye en los planes empresariales de Microsoft 365. Esta decisión asegura la integración directa con diversas aplicaciones de la misma compañía, eliminando la dependencia de servicios de terceros. Además, Power Automate es una opción idónea gracias a su extensa gama de conectores preconfigurados, simplificando la automatización de flujos de trabajo entre distintas herramientas. Entre estos conectores se tomó en cuenta los relacionados a bases de datos SQL, creación de documentos temporales en línea y envío de correos electrónicos a múltiples destinatarios.

Figura 2.14

Ejemplo de plantilla e interfaz de Power Automate



Finalmente, para consolidar la información expuesta en este capítulo, se presenta la Tabla 2.8, que resume los elementos electrónicos, de control, así como los programas y servicios utilizados, junto con sus respectivas versiones, ya sea del servicio o del *firmware*, en las cuales se ha trabajado en el presente proyecto. En el caso de elementos como el PLC y la pantalla HMI, se incluye el número específico del artículo empleado.

Tabla 2.8

Síntesis de parámetros y sus versiones correspondientes

Elemento	Versión / Número de artículo
CADe_SIMU	V4.0
SIMATIC S7-1200	V4.2 / 6ES7 215-1AG40-0XB0
KTP1200 Basic PN	V15.1.0.0 / 6AV2 123-2MB03-0AX0
TIA Portal	V18
SIMATIC WinCC / Global Script VBS	V7.5.2.0
SQL Server Management Studio	V19.2.56.2
Python / IDLE	V3.10
Power Automate	V2312.1
Office 365	V2312

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

En este capítulo, se exponen los resultados derivados de la solución propuesta, abarcando los aspectos de diseño en electrónica, control y programación. Se incluyen tanto la simulación como la implementación práctica, siguiendo los diseños correspondientes, complementados con un análisis de los costos asociados al producto final

3.1 Diseño electrónico

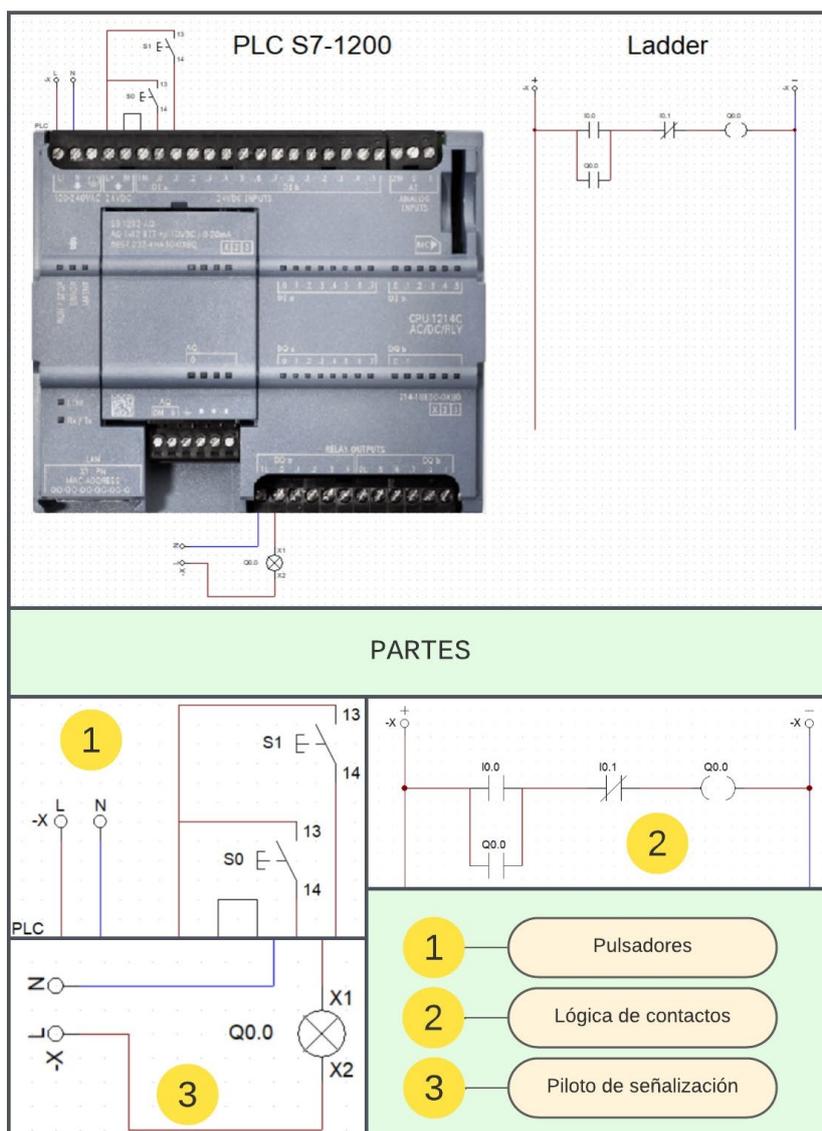
En la Figura 3.1 se aprecian las conexiones establecidas para el correcto funcionamiento del PLC. Para este propósito, se suministró energía al equipo mediante una fuente de 24 VDC, conectando los cables correspondientes a la Línea (L) y al Neutro (N). Es relevante señalar que el PLC S7-1200 proporcionado por CADe_SIMU no presenta una correspondencia exacta en términos de conectores con el CPU 1215C. A pesar de esta variación, el rendimiento es análogo, y la diferencia resulta insignificante.

En cuanto a los dispositivos de entrada y salida, el PLC proporciona un voltaje de salida de 24V (DC). Por lo tanto, se conectó el borne **L+** al contacto **13** del pulsador para su energización. En paralelo, el borne **M** se vinculó al borne **1M** de la sección *INPUTS*, que funciona como un cable de negativo común para todas las entradas. Se emplearon dos pulsadores normalmente abiertos (NA), asignándolos a las entradas I0.0 e I0.1, respectivamente, para simular un botón de MARCHA y otro de PARO. En la sección *OUTPUTS*, se activó un indicador piloto para representar la salida de señal del PLC.

En relación con el diagrama de contactos mostrado en la Figura 3.1, este se utilizó para ilustrar la lógica de contactos empleada en la programación del PLC. Se evidencia que se refirió a las entradas y salidas, tanto en los contactos abiertos como cerrados, como en la bobina o relé. Como resultado, se logró que el indicador piloto se encienda al presionar el botón de MARCHA y se apague al activar el botón de PARO, enclavando la bobina Q0.0 a un contacto NA.

Figura 3.1

Diseño electrónico del PLC S7-1200 en CADe_SIMU

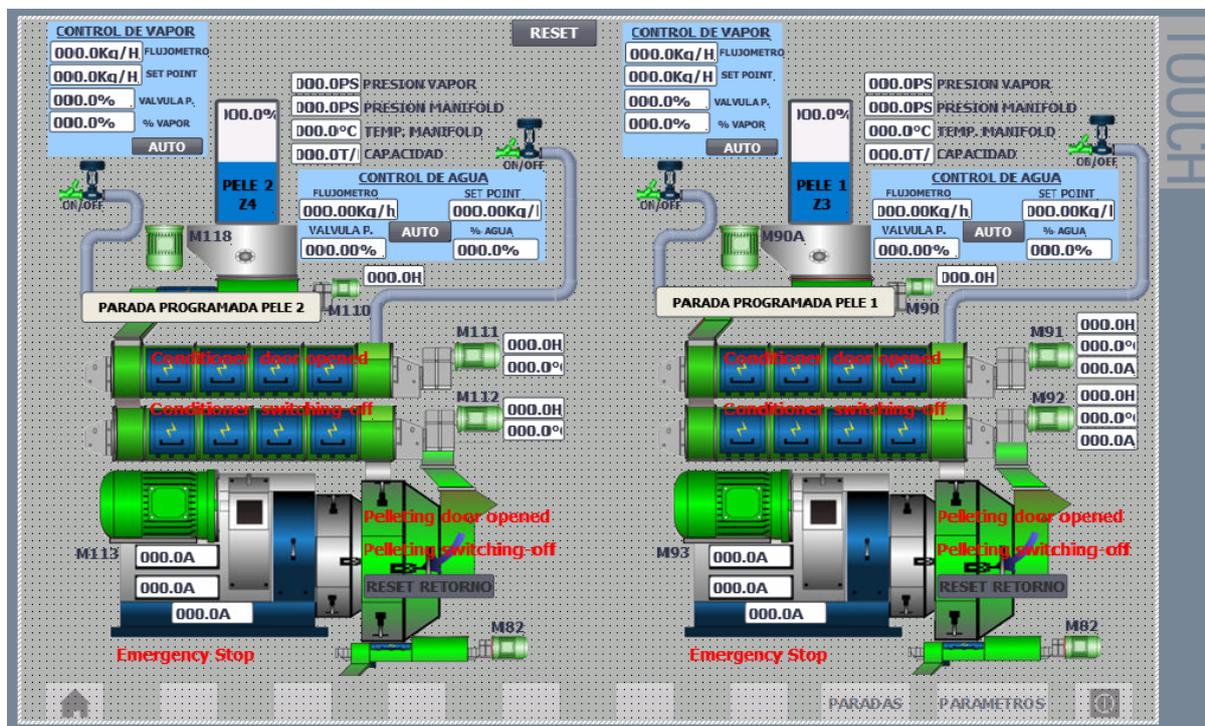


La simulación detallada se presenta en el **Apéndice D**. Es importante destacar que esta simulación se llevó a cabo utilizando el diagrama electrónico necesario para las conexiones del PLC, con el propósito de verificar su funcionamiento antes de la posible implementación. No se incluyeron todas las señales que forman parte de la lógica de contactos global del proyecto en esta etapa de simulación. La integración completa de estas señales se abordó en la sección de programación, ya que es en el programa TIA Portal donde se configura el sistema SCADA en su totalidad.

3.2 Diseño de control

Figura 3.2

Diseño de la pantalla principal del sistema SCADA



La Figura 3.2 presenta la pantalla principal del diseño final del sistema SCADA, configurado mediante el programa TIA Portal. En esta visualización, se muestran dos peletizadoras con parámetros y elementos clave de operación. Entre las características destacadas se encuentran el control de la temperatura a través de los acondicionadores para conocer la temperatura a la que entra y sale el alimento peletizado, la regulación de la frecuencia del alimentador para ajustar la capacidad de la peletizadora, los controles manuales y automáticos del vapor y el agua (mediante un sistema PID), así como las paradas o alertas de emergencia. Además, el operador puede interactuar con imágenes de motores, botones y campos de texto, permitiéndole encender y apagar motores, ajustar frecuencias de trabajo y realizar otras acciones según sea necesario.

Figura 3.3

Diseño de la pantalla secundaria del sistema SCADA

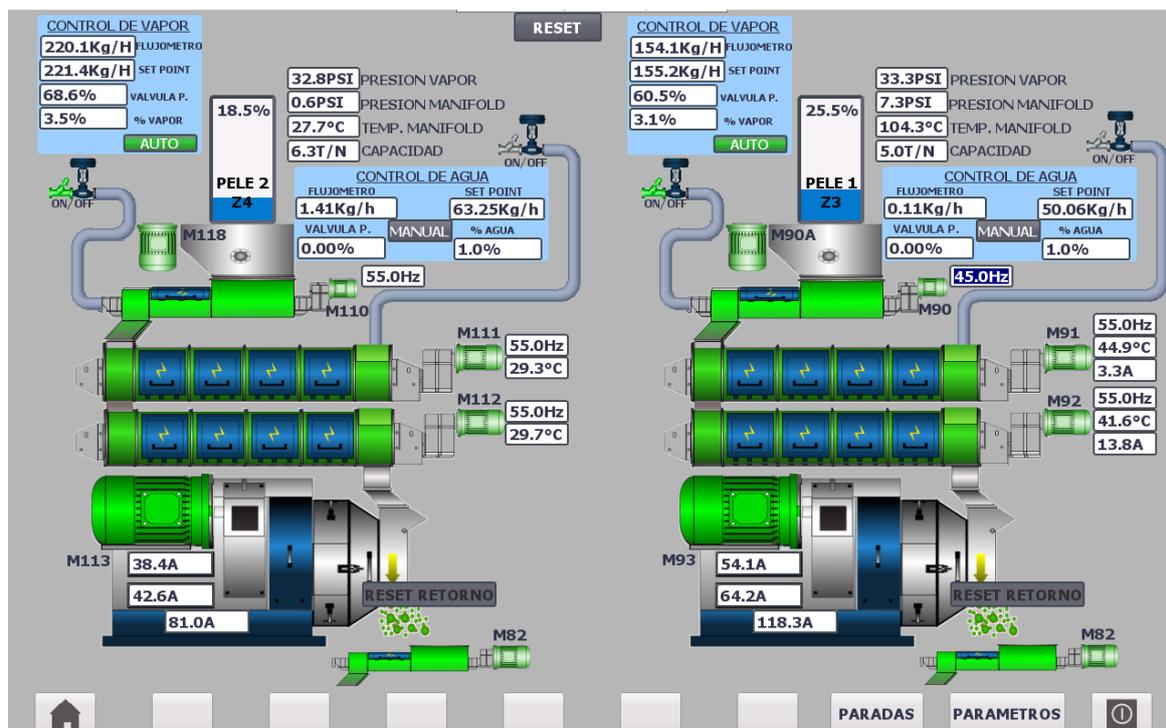
Peletizadora 2		Peletizadora 1	
CONTROL ALIMENTADOR		CONTROL ALIMENTADOR	
	AUTO		AUTO
Flujo Alimentador 20 Hz	000.0Kq/H	Flujo Alimentador 20 Hz	000.0Kq/H
Ajuste: Frecuencia Alimentador	000.0Hz	Ajuste: Frecuencia Alimentador	000.0Hz
Limite Superior de Corriente	000.0A	Limite Superior de Corriente	000.0A
Limite Inferior de Corriente	000.0A	Limite Inferior de Corriente	000.0A
Corriente de Ajuste	000.0A	Corriente de Ajuste	000.0A
Tiempo del Bypass	000S	Tiempo del Bypass	000S
Limite Superior de Corriente M91	000.0A	Limite Superior de Corriente M91	000.0A
Bypass Retorno	000.0A	Bypass Retorno	000.0A
CONTROL TEMPERATURA		CONTROL TEMPERATURA	
	AUTO		AUTO
Apertura de Ajuste	000.0%	Apertura de Ajuste	000.0%
Temperatura de Ajuste	000.0°C	Temperatura de Ajuste	000.0°C
Minimo Apertura Válvula	000.0	Minimo Apertura Válvula	000.0
		Máximo Apertura Válvula	000.0

Después de crear la pantalla principal del sistema de control, se incorporó una pantalla adicional de configuración de parámetros, como se muestra en la Figura 3.3. A través de estos campos, es posible controlar aperturas mínimas y máximas de válvulas, límites de corriente, tiempos de bypass y otros parámetros relevantes.

Tras la creación de ambas pantallas, se simula el funcionamiento de las imágenes y parámetros asociados, como se observa en la Figura 3.4. Este paso permitió verificar la efectividad e interactividad del sistema SCADA, diseñado previamente para su respectiva implementación. Se destaca que, el **Apéndice E** contiene información detallada sobre la configuración efectuada en la pantalla HMI.

Figura 3.4

Simulación del SCADA



Además, se llevó a cabo la implementación del sistema SCADA en la pantalla HMI mencionada anteriormente. Esta se ubicó en una base cercana a las peletizadoras, permitiendo un acceso rápido para la manipulación por parte de los operadores en caso de alguna emergencia. Esta disposición se muestra claramente en la Figura 3.5, destacando la ubicación frontal de la base respecto a las peletizadoras, mientras que la implementación detallada se presenta en la Figura 3.6.

3.3 Programación

Esta sección aborda una diversidad de contenido, ya que se empleó una amplia gama de programas y servicios para asegurar el funcionamiento integral del proyecto. Aunque TIA Portal fungió como el programa central y núcleo del proyecto, es importante destacar la contribución de otros programas como WinCC para la adaptación del SCADA, SQL Server Management junto con VBScript para la captura y almacenamiento de datos, Python para realizar filtrado de errores, y Power Automate en conjunto con Excel Online y Outlook para la automatización de generación de informes de respaldo.

En consecuencia, una porción sustancial del código utilizado por cada programa, y otras evidencias destacables, serán detalladas en el **Apéndice F**. A pesar de ello, se resaltarán aspectos significativos de los mismos. Es importante mencionar que el código desarrollado para el control de una peletizadora se replica para un total de cinco, por lo que la presentación será solo para una de ellas. Sin embargo, el SCADA diseñado e implementado solo es para dos de estas.

En la Figura 3.7 se muestra una parte crucial del código programado en TIA Portal. A través de este código, se contabiliza el tiempo en que una peletizadora permanece apagada y se bloquea la posibilidad de encender el motor de su alimentadora hasta que se detecte el evento asociado a la parada, considerando esta parada como una anomalía, ya que operativamente no debería ocurrir durante el funcionamiento normal de la planta de peletizado. Cuando se recibe la señal de que el alimentador está apagado, comienza a contabilizar el tiempo. Cuando este tiempo excede un minuto, se activa una marca que se envía al SIMATIC S7-300, el PLC responsable del control de motores de varias peletizadoras. Esta marca permanece activa hasta que se identifica la causa de la parada, manteniéndose encendida mientras el contador sigue contabilizando hasta que se resuelve la situación.

Figura 3.8*Programación para el guardado en la base de datos*

```

Option Explicit
Function action
Dim conn, strcn, cn, strSQL
Dim a , datetime, MyHour
Dim W(), F ()
Dim i, num, j, k
datetime = CStr(Time)
MyHour = Now()
Redim F(3)

F(1)=HMIRuntime.Tags("TIEMPO_PARADA_MIN_PELE1").Read
F(2)=HMIRuntime.Tags("CAUSA_PARADA_PELE1").Read

If Hour(MyHour) >= 7 And Hour(MyHour) < 15 Then
F(3) = 1
Elseif Hour(MyHour) >= 15 And Hour(MyHour) < 23 Then
F(3) = 2
Else
F(3) = 3
End If

strcn = "Provider=SQLOLEDB.1;Integrated Security=SSPI;Persist Security Info=False;User ID=xx;Initial
Catalog=process_data;Data Source=192.168.xx.xx\WINCC"

Set cn = CreateObject("ADODB.Connection")
cn.ConnectionString = strcn
cn.Open

strSQL="INSERT INTO TIEMPO_PARADA_PELE1 (datetime," &_
"tiempo_parada_min," &_
"causa," &_
"turno)" &_
"VALUES('"&MyHour&"', '&F(1)&"', '&F(2)&"', '&F(3)&"')"

```

Una vez vinculadas las variables programadas con el SCADA, se implementó una conexión entre los datos temporales almacenados en el PLC y una base de datos para registrar cada parada antes de reiniciar el contador. Para lograr esto, se programó en VBScript (Figura 3.8), obteniendo la hora actual en la que se resuelve la falla y leyendo valores de etiquetas de un sistema HMIRuntime.

Luego, se determina el valor de **F(3)** según la hora actual para identificar en qué turno ocurrió la falla. Posteriormente, se construye una sentencia SQL para insertar datos en una tabla llamada "TIEMPO_PARADA_PEL1" en una base de datos denominada "process_data". Esta base de datos contiene las tablas respectivas para las 5 peletizadoras, por lo que este código se replica, variando solo las variables del sistema HMIRuntime. De esta forma, se recopila y registra los datos de paradas mediante la interacción con el sistema de monitoreo.

Complementado la información anterior, la Figura 3.9 muestra otro resultado esperado, un ejemplo del informe generado automáticamente sobre el estado del funcionamiento de las peletizadoras. Este informe detalla los tiempos de parada de las peletizadoras, junto con el tipo de falla asociado a cada período de inactividad. Al generarse de forma automática, estos informes proporcionan documentación valiosa que respalda las decisiones estratégicas. En la Figura 3.10 se muestra evidencia de los destinatarios de estos informes, quienes forman parte del departamento de mantenimiento y producción.

Figura 3.9

Gráficos de los tiempos de parada de todas las peletizadoras presentando la ocurrencia de falla



3.4 Análisis de costos

En este segmento, se abordaron los aspectos electrónicos y de programación, siendo la combinación de ambos esencial para la implementación del sistema de control. La Tabla 3.1 revela que la programación constituye la mayor parte del costo, principalmente debido al empleo de licencias profesionales. Por otro lado, los equipos electrónicos principales representan una fracción menor del costo total. Es importante destacar que estos costos son para una unidad de PLC y HMI; en caso de aumentar la cantidad de equipos, el costo total de la parte electrónica se incrementa proporcionalmente.

Tabla 3.1

Tabla de costos

Tipo de sistema	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Electrónico	SIMATIC S7-1200	1	\$ 800.00	\$ 800.00
	SIMATIC HMI KPT1200 PN	1	\$ 2,559.42	\$ 2,559.42
Programación	Licencia TIA Portal Profesional V18	1	\$3,359.42	\$3,359.42
	Diferentes licencias de SIMATIC WinCC 7.5	1	\$4,327.76	\$4,327.76
	Power Automate Premium	1	\$ 180.00	\$ 180.00

Tipo de sistema	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	Mano de obra de diseño	1	\$ 1000.00	\$ 1000.00
Gatos varios				
	Instalación y puesta en marcha	1	\$ 500.00	\$ 500.00
			Total	12,335.52

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- En el desarrollo de la propuesta para abordar la problemática planteada, se diseñó e implementó un sistema SCADA para controlar y supervisar a las peletizadoras responsables de producir el alimento balanceado para camarones. La programación de controladores lógicos programables (PLC) ha proporcionado una base robusta para la supervisión y la gestión eficiente de las peletizadoras. En la programación de estos PLC, se ha optado por la lógica de contactos como enfoque principal. Además, estos PLC están respaldados por una base de datos que documenta información generada por la programación, facilitando así la toma de decisiones estratégicas.
- El sistema de control ha demostrado eficacia al identificar y registrar períodos de inactividad en las peletizadoras, permitiendo una respuesta ágil ante posibles fallos gracias a la ubicación estratégica de la pantalla HMI en proximidad a las máquinas. Además, la interfaz intuitiva de la HMI ha facilitado a los operadores la visualización inmediata de parámetros clave, mejorando la toma de decisiones durante situaciones críticas. Este enfoque proactivo en la gestión de parámetros de operación ha realzado la eficiencia general de las peletizadoras en la planta de peletizado, generando comentarios positivos y destacando su funcionalidad por parte de los operadores.
- Una de las notables ventajas de la solución implementada radica en la integración estratégica de Power Automate. A través de la configuración de un flujo programado, se ha logrado automatizar el envío de correos electrónicos dirigidos a diferentes cargos de la organización. Estos mensajes contienen información crucial obtenida de manera precisa y oportuna mediante el sistema SCADA y lo programado en los diferentes servicios. Esta

sinergia entre la lógica de control, la gestión de datos en la base y la eficiencia de Power Automate mejora significativamente el monitoreo continuo.

- En cuanto a la gestión de la base de datos, se implementó Python para detectar y filtrar posibles errores en los datos almacenados, asegurando la precisión del sistema frente a factores externos. Un ejemplo significativo de estos factores es la ocurrencia de cortes de energía, los cuales pueden afectar los equipos electrónicos y comprometer la recopilación de datos a través de WinCC. La utilización de Python para la validación y filtrado de datos añade una capa adicional de robustez al sistema, mitigando posibles inconsistencias causadas por eventos imprevistos.
- La implementación del sistema de control con equipos Siemens permitió adquirir rigurosa y minuciosamente datos sobre la condición operativa y se alinea óptimamente con la preferencia del cliente, ya que gran parte de la planta opera con sistemas Siemens, asegurando una compatibilidad integral.
- El propósito de diseñar un sistema de automatización que mejore el acceso a la información sobre el estado de las máquinas en la planta se logró con éxito mediante componentes electrónicos robustos y una programación flexible y escalable. Este sistema ejemplifica cómo la fusión de tres disciplinas en una ingeniería innovadora ofrece un sistema integral que busca la adquisición, control y supervisión de datos en la automatización industrial

4.2 Recomendaciones

- En miras a futuras implementaciones, se contempla la personalización de informes de acuerdo con los niveles jerárquicos dentro de la organización. Esta medida garantizará una presentación efectiva de la información, adaptada a las necesidades específicas de cada área involucrada. Además, se sugiere la inclusión de parámetros adicionales pertinentes, como las capacidades de las peletizadoras. De esta manera, se podrá evaluar con mayor precisión el impacto de una falla al conocer la disminución en las capacidades en el momento de la incidencia.
- Dada la amplia gama de proyectos disponibles que ofrecen automatización y optimización para los procesos de producción, se sugiere enriquecer este proyecto mediante la integración de componentes de Internet de las cosas (IoT). Para ello, se propone la exploración de microcontroladores de alta gama, como el ESP-32, con el objetivo de implementar nuevos sensores que estén emergiendo en el mercado. Esta incorporación permitirá mejorar significativamente el intercambio de datos entre sistemas a través de internet. Es fundamental destacar que esta propuesta debe estar estrechamente alineada con las necesidades específicas de la empresa. El enfoque principal debería ser la reducción de costos en la producción, y mejorar la calidad del producto final y el proceso involucrado.
- Considerando la creciente tendencia hacia la Industria 4.0 en las empresas, se plantea la exploración de la integración de tecnologías de aprendizaje automático (*machine learning*) en el sistema SCADA con el propósito de predecir fallas. La capacitación del modelo utilizando datos históricos permitiría anticipar problemas recurrentes, contribuyendo así a mejorar la eficiencia en la gestión del mantenimiento preventivo. Esta iniciativa no solo se alinea con las tendencias tecnológicas actuales, sino que también ofrece una estrategia proactiva para optimizar la disponibilidad y el rendimiento del sistema.

- En el ámbito de la seguridad cibernética, considerando la interconexión de estos sistemas a través de la red, se sugiere la implementación de medidas proactivas destinadas a salvaguardar el sistema contra posibles amenazas. Entre estas medidas, se destacan las actualizaciones regulares de software, que son fundamentales para mitigar vulnerabilidades, y la adopción de protocolos de seguridad robustos. Estas acciones no solo fortalecerán la resistencia del sistema frente a posibles ataques, sino que también respaldarán la integridad y confidencialidad de la información crítica.

Referencias

- [1] FAO, El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. en The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA), no. 2022. Rome, Italy: FAO, 2022. doi: 10.4060/cc0461es.
- [2] “Aquaculture is key to meet increasing food demand, says FAO”, Newsroom. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/newsroom/detail/aquaculture-is-key-to-meet-increasing-food-demand/>
- [3] Saúl, “¿Por qué es clave que el balanceado sea hidroestable?”, Molinos Champion. [En línea]. Disponible en: <https://www.molinoschampion.com/balanceado-hidroestable/>
- [4] “Ventajas de la acuicultura sobre la agricultura o la pesca extractiva”, Grupo Rafael. [En línea]. Disponible en: <https://gruporafaelgonzalez.com/es/noticia/ventajas-de-la-acuicultura-sobre-la-agricultura-o-la-pesca-extractiva>
- [5] N. E. Loor-Mendoza, “Fundamentos de los alimentos peletizados en la nutrición animal”, DOMINIO CIENC., vol. 2, n.º 4, pp. 323–333, oct. 2016.
- [6] J. Achupallas J., «Tecnología de Alimentos para Camarón», ACU, nov. 2019.
- [7] Saúl, “¿Por qué alimentos peletizados?”, Molinos Champion. [En línea]. Disponible en: <https://www.molinoschampion.com/por-que-alimentos-peletizados/>
- [8] “Nueva Peletizadora K70 : Desarrollos para impulsar la eficiencia operativa”. [En línea]. Disponible en: <https://aquafeed.co/entrada/nueva-peletizadora-k70-desarrollos-para-impulsar-la-eficiencia-operativa-24220>

[9] “Acondicionamiento para extrusores y peletizadoras | Bühler Group”. Consultado: el 5 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.buhlergroup.com/global/es/process-technologies/Conditioning.html>

[10] “Industria 4.0: cómo la nueva revolución industrial afectará a la Industria de Alimentos”. [En línea]. Disponible en: <https://www.brfindredients.com/es/blog/posts/industria-4-0-como-la-nueva-revolucion-industrial-afectara-a-la-industria-de-alimentos/>

[11] “(3) Food industry 4.0: el reto de la industria alimentaria. | LinkedIn”. [En línea]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/food-industry-40-el-reto-de-la-industria-alimentaria-alvarez-osuna/?originalSubdomain=es>

[12] J. L. Maroto, “Industria 4.0: adaptarse o desaparecer... esa es la cuestión”, Medium. [En línea]. Disponible en: https://medium.com/@jose_luis_maroto/industria-4-0-adaptarse-o-desaparecer-esa-es-la-cuesti%C3%B3n-457c5624060f

[13] P. T. Franco. “Cargill prevé invertir \$ 34,6 millones en tres proyectos que incluyen la ampliación de su planta de alimentos para camarón”. El Universo | Noticias de Ecuador y del mundo. Accedido el 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/cargill-preve-invertir-346-millones-en-tres-proyectos-que-incluyen-la-ampliacion-de-su-planta-de-alimentos-para-camaron-nota/>

[14] “Tendencias Tecnológicas Ecuador 2023”. [En línea]. Disponible en: https://www.ey.com/es_ec/consulting/tendencias-tecnologicas-ecuador-2023

[15] Generación IoT. “El auge de la Industria 4.0 en 5 estadísticas”. Generación IoT. [En línea]. Disponible: <https://internetdelascosas.xyz/articulo.php?id=1311&titulo=->

[16] IMEPI. “Estrategias para Implementar un Sistema SCADA | IMEPI México”. IMEPI México | Ingeniería y Capacitaciones en Automatización y Control de Procesos. [En línea]. Disponible: <https://imepi.com.mx/estrategias-para-implementar-un-sistema-scada/>

[17] Aula21. “Qué es un sistema SCADA, para qué sirve y cómo funciona”. aula21 | Formación para la Industria. [En línea]. Disponible: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/>

[18] “La evolución de los sistemas SCADA”, Meinsa. [En línea]. Disponible en: <https://meinsa.com/2022/01/la-evolucion-de-los-sistemas-scada/>

[19] “Aplicaciones industriales IoT: el internet de las cosas • Electronic Board”. [En línea]. Disponible en: <https://www.electronicboard.es/iot-industrial/>, <https://www.electronicboard.es/iot-industrial/>

[20] “El Nuevo SCADA | Blog NV Tecnologías”, NV Tecnologías S.A. [En línea]. Disponible en: <https://www.nvtecnologias.com/blog/blog-1/el-nuevo-scada-153>

[21] “Sistemas SCADA: qué son, características, ejemplos | Sielco Sistemi”. [En línea]. Disponible en: <https://www.sielcosistemi.com/sp/que-es-scada.html>

[22] Miguel. “Controlador Lógico Programable PLC - Control Real Español”. Control Real Español. [En línea]. Disponible: <https://controlreal.com/es/controlador-logico-programable-plc/?noamp=mobile>

[23] COPADATA. “¿Qué significa HMI? Interfaz humano-máquina | COPA-DATA”. Automatisierungs- & Industriesoftware | zenon COPA-DATA. Accedido el 8 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa->

Apéndices

Apéndice A

Hoja técnica del SIMATIC S7-1200 (CPU 1215C) [28]

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7215-1AG40-0XB0

SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, CPU compacta, DC/DC/DC, 2 puertos PROFINET, E/S integradas: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 0,5 A; 2 AI 0-10 V DC, 2 AO 0-20 mA DC, alimentación: DC 20,4-28,8 V DC, memoria de programas/datos 200 kB



Figura similar

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1215C DC/DC/DC
Versión de firmware	V4.6
Ingeniería con	
<ul style="list-style-type: none"> Paquete de programación 	STEP 7 V18 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	24 V DC
<ul style="list-style-type: none"> 24 V DC 	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección contra inversión de polaridad	Sí
Tensión de carga L+	
<ul style="list-style-type: none"> Valor nominal (DC) Rango admisible, límite inferior (DC) Rango admisible, límite superior (DC) 	24 V 20,4 V 28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	500 mA; Solo CPU
Consumo, máx.	1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V DC
I^2t	0,5 A ² s
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V 	L+ menos 4 V DC mín.
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	12 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
<ul style="list-style-type: none"> integrada 	200 kbyte
Memoria de carga	
<ul style="list-style-type: none"> integrada enchufable (SIMATIC Memory Card), máx. 	4 Mbyte con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
<ul style="list-style-type: none"> existente libre de mantenimiento sin pila 	Sí Sí Sí
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, típ.	0,08 µs; /instrucción

para operaciones a palabras, tip.	1,7 µs; /instrucción
para aritmética de coma flotante, tip.	2,3 µs; /instrucción
CPU-bloques	
Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadores y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo
OB	
• Número, máx.	Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código
Áreas de datos y su remanencia	
Área de datos remanentes (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	14 kbyte
Marcas	
• Tamaño, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
Datos locales	
• por cada prioridad, máx.	16 kbyte; Clase de prioridad 1 (ciclo de programa): 16 kbyte, clase de prioridad 2 a 26: 6 kbytes
Área de direcciones	
Imagen del proceso	
• Entradas, configurables	1 kbyte
• Salidas, configurables	1 kbyte
Configuración del hardware	
Nº de módulos por sistema, máx.	3 Communication Module, 1 Signal Board, 8 Signal Module
Hora	
Reloj	
• Reloj de hardware (en tiempo real)	Sí
• Duración del respaldo	480 h; típicamente
• Desviación diaria, máx.	±60 s/mes a 25 °C
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	14; integrado
• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)
Fuente/sumidero (M/P)	Sí
Número de entradas atacables simultáneamente	
Todas las posiciones de montaje	
— hasta 40 °C, máx.	14
Tensión de entrada	
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 V DC at 2,5 mA
Retardo a la entrada (a tensión nominal de entrada)	
para entradas estándar	
— parametrizable	0,2 ms, 0,4 ms, 0,8 ms, 1,6 ms, 3,2 ms, 6,4 ms y 12,8 ms, elegible en grupos de 4
— en transición "0" a "1", máx.	0,2 ms
— en transición "0" a "1", máx.	12,8 ms
para entradas de alarmas	
— parametrizable	Sí
para funciones tecnológicas	
— parametrizable	Monofásica: 3 @ 100 kHz y 3 @ 30 kHz, Diferencial: 3 @ 80 kHz y 3 @ 30 kHz
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	500 m; 50 m para funciones tecnológicas
• no apantallado, máx.	300 m; para funciones tecnológicas: No
Salidas digitales	
Número de salidas	10
• de ellas, salidas rápidas	4; Salida de tren de impulsos 100 kHz
Limitación de la sobretensión inductiva de corte a	L+ (-48 V)
Poder de corte de las salidas	
• con carga resistiva, máx.	0,5 A
• con carga tipo lámpara, máx.	5 W
Tensión de salida	
• para señal "0", máx.	0,1 V; con carga de 10 kOhm
• para señal "1", mín.	20 V
Intensidad de salida	

• para señal "1" valor nominal	0,5 A
• para señal "0" intensidad residual, máx.	0,1 mA
Retardo a la salida con carga resistiva	
• "0" a "1", máx.	1 µs
• "1" a "0", máx.	5 µs
Frecuencia de conmutación	
• de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx.	100 kHz
Salidas de relé	
• N° de salidas relé	0
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	500 m
• no apantallado, máx.	150 m
Entradas analógicas	
N° de entradas analógicas	2
Rangos de entrada	
• Tensión	Sí
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• 0 a +10 V	Sí
— Resistencia de entrada (0 a 10 V)	≥100 kohmios
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	100 m; trenzado y apantallado
Salidas analógicas	
N° de salidas analógicas	2
Rangos de salida, intensidad	
• 0 a 20 mA	Sí
Formación de valor analógico para entradas	
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	10 bit
• Tiempo de integración parametrizable	Sí
• Tiempo de conversión (por canal)	625 µs
Formación de valor analógico para salidas	
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	10 bit
Sensor	
Sensores compatibles	
• Sensor a 2 hilos	Sí
1. Interfaz	
Tipo de interfaz	PROFINET
con aislamiento galvánico	Sí
Detección automática de la velocidad de transferencia	Sí
Autonegociación	Sí
Autocrossing	Sí
Física de la interfaz	
• RJ 45 (Ethernet)	Sí
• Número de puertos	2
• Switch integrado	Sí
Protocolos	
• PROFINET IO-Controller	Sí
• PROFINET IO-Device	Sí
• Comunicación SIMATIC	Sí
• Comunicación IE abierta	Sí; También disponible cifrada
• Servidores web	Sí
• Redundancia del medio	Sí
PROFINET IO-Controller	
• Velocidad de transferencia, máx.	100 Mbit/s
Servicios	
— Comunicación PG/OP	Sí; cifrado preajustado mediante TLS V1.3
— Modo isócrono	No
— IRT	No
— PROFIenergy	No

— Arranque priorizado	Sí
— Número de dispositivos IO con arranque preferente, máx.	16
— N° de IO Devices que se pueden conectar en total, máx.	16
— N° de IO-Devices conectables para RT, máx.	16
— de ellos, en línea, máx.	16
— Activar/desactivar IO Devices	Sí
— N° de IO-Devices activables/desactivables simultáneamente, máx.	8
— Tiempo de actualización	El valor mínimo del tiempo de actualización depende además del componentes para comunicación ajustado para PROFINET IO, del número de dispositivo IO y de la cantidad de datos de usuario configurados.
PROFINET IO-Device	
Servicios	
— Comunicación PG/OP	Sí; cifrado preajustado mediante TLS V1.3
— Modo isócrono	No
— IRT	No
— PROFenergy	Sí
— Shared Device	Sí
— N° de IO Controller con Shared Device, máx.	2
Protocolos	
Soporta protocolo para PROFINET IO	Sí
Soporta protocolo para PROFIsafe	No
PROFIBUS	Sí; Requiere CM 1243-5 (maestro) o CM 1242-5 (esclavo)
OPC UA	Sí; OPC UA Server
AS-Interface	Sí; Se requiere un CM 1243-2
Protocolos (Ethernet)	
• TCP/IP	Sí
• DHCP	No
• SNMP	Sí
• DCP	Sí
• LLDP	Sí
Funcionamiento redundante	
Redundancia del medio	
— MRP	Sí; como administrador de redundancia MRP y/o cliente MRP
— MRPD	No
Comunicación SIMATIC	
• S7-Routing	Sí
Comunicación IE abierta	
• TCP/IP	Sí
— Tamaño de datos, máx.	8 kbyte
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Sí
— Tamaño de datos, máx.	8 kbyte
• UDP	Sí
— Tamaño de datos, máx.	1 472 byte
Servidores web	
• Soporta	Sí
• Páginas web definidas por el usuario	Sí
OPC UA	
• Requiere licencia runtime	Sí; licencia "Basic" necesaria
• OPC UA Server	Sí; acceso a datos (Read, Write, Subscribe), llamada de método, requiere licencia runtime
— Autenticación de aplicaciones	Políticas de seguridad disponibles: ninguna, Basic128Rsa15, Basic256Rsa15, Basic256Sha256
— Autenticación de usuarios	"Anónimo o mediante nombre de usuario y contraseña
— Número de sesiones, máx.	10
— Número de suscripciones por sesión, máx.	5
— Intervalo de muestreo, mín.	100 ms
— Intervalo de emisión, mín.	200 ms
— Número de métodos de servidor, máx.	20
— Número de elementos vigilados (monitored items), máx. recomendado	1 000

— Número de interfaces del servidor, máx.	2
— Número de nodos en interfaces del servidor definidas por el usuario, máx.	2 000
Otros protocolos	
• MODBUS	Sí
funciones de comunicación / título	
Comunicación S7	
• Soporta	Sí
• como servidor	Sí
• Como cliente	Sí
• Datos útiles por petición, máx.	ver la Ayuda online (S7 communication, User data size)
Nº de conexiones	
• total	conexiones PG: 4 reservadas/4 máx.; conexiones HMI: 12 reservadas/18 máx.; conexiones S7: 8 reservadas/14 máx.; conexiones Open User: 8 reservadas/14 máx.; conexiones web: 2 reservadas/30 máx.; conexiones OPC UA: 0 reservadas/10 máx.; conexiones totales: 34 reservadas/64 máx.
Funciones de test y puesta en marcha	
Estado/forzado	
• Estado/forzado de variables	Sí
• Variables	Entradas/salidas, marcas, DB, E/S de periferia, tiempos, contadores
Forzado permanente	
• Forzado permanente	Sí
Búfer de diagnóstico	
• existente	Sí
Traces	
• Número de Traces configurables	2
• Tamaño de memoria por Trace, máx.	512 kbyte
Alarmas/diagnósticos/información de estado	
LED señalizador de diagnóstico	
• LED RUN/STOP	Sí
• LED ERROR	Sí
• LED MAINT	Sí
Funciones integradas	
Medida de frecuencia	Sí
Posicionamiento en lazo abierto	Sí
Número de ejes de posicionamiento con regulación de posición, máx.	8
Número de ejes de posicionamiento mediante interfaz impulsos/sentido	4; con salidas integradas
Regulador PID	Sí
Nº de entradas de alarma	4
Nº de salidas de impulsos	4
Frecuencia límite (impulsos)	100 kHz
Aislamiento galvánico	
Aislamiento galvánico módulos de E digitales	
• Aislamiento galvánico módulos de E digitales	No
• entre los canales, en grupos de	1
Aislamiento galvánico módulos de S digitales	
• Aislamiento galvánico módulos de S digitales	Sí
• entre los canales	No
• entre los canales, en grupos de	1
CEM	
Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática	
• Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática IEC 61000-4-2	Sí
— Tensión de ensayo con descarga en aire	8 kV
— Tensión de ensayo para descarga por contacto	6 kV
Inmunidad a perturbaciones conducidas	
• Inmunidad a perturbaciones en cables de alimentación según IEC 61000-4-4	Sí
• Inmunidad a perturbaciones por cables de señales IEC 61000-4-4	Sí
Inmunidad a perturbaciones por tensiones de choque (sobretensión transitoria)	

<ul style="list-style-type: none"> • Inmunidad a perturbaciones en cables de alimentación según IEC 61000-4-5 	Sí
Inmunidad a perturbaciones conducidas, inducidas mediante campos de alta frecuencia	
<ul style="list-style-type: none"> • Inmunidad a campos electromagnéticos radiados a frecuencias radioeléctricas según IEC 61000-4-6 	Sí
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
<ul style="list-style-type: none"> • Clase de límite A, para aplicación en la industria • Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial 	Sí; Grupo 1 Sí; Si se garantiza mediante medidas oportunas que se cumplen los valores límite de la clase B según EN 55011
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección IP	IP20
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación UL	Sí
cULus	Sí
Homologación FM	Sí
RCM (anteriormente C-TICK)	Sí
Homologación KC	Sí
Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Caída libre	
<ul style="list-style-type: none"> • Altura de caída, máx. 	0,3 m; Cinco veces, en embalaje de envío
Temperatura ambiente en servicio	
<ul style="list-style-type: none"> • mín. • máx. 	-20 °C 60 °C; N.º de entradas o salidas conectadas al mismo tiempo: 7 o 5 (sin puntos contiguos) con 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical, 14 o 10 con 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical
<ul style="list-style-type: none"> • Posición de montaje horizontal, mín. • Posición de montaje horizontal, máx. • Posición de montaje vertical, mín. • Posición de montaje vertical, máx. 	-20 °C 60 °C -20 °C 50 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
<ul style="list-style-type: none"> • mín. • máx. 	-40 °C 70 °C
Presión atmosférica según IEC 60068-2-13	
<ul style="list-style-type: none"> • En servicio mín. • En servicio máx. • Almacenamiento/transporte, mín. • Almacenamiento/transporte, máx. 	795 hPa 1 080 hPa 660 hPa 1 080 hPa
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
<ul style="list-style-type: none"> • Altitud de instalación, mín. • Altitud de instalación, máx. 	-1 000 m 5 000 m; Restricciones con alturas de instalación > 2 000 m, ver Manual
Humedad relativa del aire	
<ul style="list-style-type: none"> • En servicio máx. 	95 %; sin condensación
Vibraciones	
<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a vibraciones durante el funcionamiento según IEC 60068-2-6 • En servicio, según DIN IEC 60068-2-6 	Montaje en pared 2 g (m/s ²); perfil DIN 1 g (m/s ²) Sí
Ensayo de resistencia a choques	
<ul style="list-style-type: none"> • ensayado según DIN IEC 60068-2-27 	Sí; IEC 68, parte 2-27; semisinusoide: fuerza de choque 15 g (valor de cresta), duración 11 ms
Concentraciones de sustancias contaminantes	
<ul style="list-style-type: none"> • SO2 con HR < 60% sin condensación 	SO2: < 0,5 ppm; H2S: < 0,1 ppm; HR < 60% sin condensación
configuración / título	
configuración / programación / título	
Lenguaje de programación	
— KOP	Sí
— FUP	Sí
— SCL	Sí
Protección de know-how	
<ul style="list-style-type: none"> • Protección de programas de usuario/Protección por contraseña • Protección contra copia 	Sí Sí

• Protección de bloques	Sí
Protección de acceso	
• protección de los datos de configuración confidenciales	Sí
• Nivel de protección: Protección contra escritura	Sí
• Nivel de protección: Protección contra escritura/lectura	Sí
• Nivel de protección: Protección completa	Sí
programación / vigilancia de tiempo de ciclo / título	
• Configurable	Sí
Dimensiones	
Ancho	130 mm
Altura	100 mm
Profundidad	75 mm
Pesos	
Peso, aprox.	500 g
Última modificación:	7/11/2023 

Apéndice B

Comparativa de PLC

Al considerar que la planta de la empresa opera principalmente por tres tipos de PLC, la Tabla B.1 presenta comparativas entre estos según los requisitos del cliente y las ventajas inherentes a cada uno.

Tabla B.1

Comparativa entre PLCs

PLC	Ventajas	Beneficios
SIMATIC S7-1200 (CPU 1215C)	Precio más económico	Menor costo de implementación
	Tamaño compacto	Fácil de instalar y configurar
	Bloques de automatización existentes	Facilidad de regular sistemas como PID
	Amplia gama de módulos de E/S	Versatilidad para aplicaciones de automatización de procesos
	Soporte de software y servicios de Siemens	Mayor compatibilidad con toda la planta de peletizado y facilidad de mantenimiento

PLC	Ventajas	Beneficios
SIMATIC S7-300 (CPU 317-2 PN/DP)	Mayor rendimiento	Mayor capacidad para aplicaciones exigentes
	Soporte para módulos de E/S de alta velocidad	Compatibilidad con redes PROFINET y MPI
ControlLogix 5580 (1756-L84E)	Mayor flexibilidad	Soporte para una amplia gama de aplicaciones
	Soporte para módulos de E/S modulares	Mayor facilidad de desarrollo y mantenimiento de programas

Aunque la tabla resalta las ventajas de cada PLC, es evidente que el S7-1200 se destaca al ofrecer más beneficios, consolidándose como la opción óptima para el desarrollo de este proyecto. Estas consideraciones se basan exclusivamente en los requerimientos del cliente. Por ejemplo, el PLC ControlLogix 5580, a pesar de ofrecer niveles altos de seguridad, fue descartado debido a su costo elevado y a su menor compatibilidad con los sensores existentes y la pantalla HMI utilizada en el proyecto. Asimismo, aunque el PLC SIMATIC S7-300 es compatible con módulos de alta velocidad, se está volviendo obsoleto y sus bloques de control y de funciones están menos actualizados en comparación con el S7-1200.

Tabla B.2

Figuras correspondientes a cada PLC

Nombre	Figura
<p>SIMATIC S7-1200</p> <p>(CPU 1215C)</p>	
<p>SIMATIC S7-300</p> <p>(CPU 317-2 PN/DP)</p>	
<p>ControlLogix 5580</p> <p>(1756-L84E)</p>	

En la Tabla B.2 se exponen las representaciones correspondientes a los PLC mencionados previamente.

Apéndice C

Hoja técnica del panel HMI KTP1200 Basic PN [29]

SIEMENS

Hoja de datos

6AV2123-2MB03-0AX0

SIMATIC HMI, KTP1200 Basic, Basic Panel, Manejo con teclado/táctil, pantalla TFT de 12", 65536 colores, Interfaz PROFINET, configurable a partir de WinCC Basic V13/ STEP 7 Basic V13, incluye software Open Source, que se cede gratuitamente ver CD adjunto



Información general	
Designación del tipo de producto	KTP1200 Basic color PN
Display	
Tipo de display	Pantalla TFT panorámica, retroiluminación LED
Diagonal de pantalla	12 in
Achura del display	261,1 mm
Altura del display	163,2 mm
Nº de colores	65 536
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	1 280 pixel
• Resolución de imagen vertical	800 pixel
Retroiluminación	
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	20 000 h
• Retroiluminación variable	Sí
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	10
— Nº de teclas de función con LED	0
• Teclas con LED	No
• Teclas del sistema	No
• Teclado numérico	Sí; Teclado en pantalla
• Teclado alfanumérico	Sí; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
• Variante con pantalla táctil	Sí; Analógica resistiva
Diseño/montaje	
Posición de montaje	vertical
Montaje vertical (formato retrato) posible	Sí
Montaje horizontal (formato apaisado) posible	Sí
Máx. ángulo de inclinación permitido sin ventilación externa	35°
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	DC
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	510 mA
Intensidad transitoria de conexión I ^{pt}	0,2 A ² -s
Potencia	
Consumo de potencia activa, típ.	12,2 W

Procesador	
Tipo de procesador	ARM
Memoria	
Flash	Sí
RAM	Sí
memoria usable para datos de usuario	10 Mbyte
Tipo de salida	
Acústica	
• Zumbador	Sí
• Altavoz	No
Hora	
Reloj	
• Reloj de hardware (en tiempo real)	Sí
• Reloj por software	Sí
• Respaldado	Sí; Duración del búfer típica: 6 semanas
• Sincronizable	Sí
Interfaces	
Nº de interfaces Industrial Ethernet	1
Nº de interfaces RS 485	0
Nº de interfaces RS 422	0
Nº de interfaces RS 232	0
Nº de interfaces USB	1; hasta máx. 16 GB
Nº de interfaces 20 mA (TTY)	0
Nº de interfaces paralelas	0
Nº de otras interfaces	0
Número de slot para tarjetas SD	0
Con interfaces a SW	No
Industrial Ethernet	
• LED de estado Industrial Ethernet	2
Protocolos	
PROFINET	Sí
Soporta protocolo para PROFINET IO	No
IRT	No
PROFIBUS	No
Soporta protocolo para EtherNet/IP	Sí
MPI	No
Protocolos (Ethernet)	
• TCP/IP	Sí
• DHCP	Sí
• SNMP	Sí
• DCP	Sí
• LLDP	Sí
Propiedades WEB	
• HTTP	No
• HTML	No
Funcionamiento redundante	
Redundancia del medio	
— MRP	No
Otros protocolos	
• CAN	No
• MODBUS	Sí; Modicon (MODBUS TCP/IP)
Alarmas/diagnósticos/información de estado	
Diagnósticos	
• Se puede leer la información de diagnóstico	No
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite A, para aplicación en la industria	Sí
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	No
Grado de protección y clase de protección	
IP (frontal)	IP65

IP (lado posterior)	IP20
NEMA (frontal)	
• Enclosure Type 4 en el frente	Sí
• Enclosure Type 4x en el frente	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
cULus	Sí
RCM (anteriormente C-TICK)	Sí
Homologación KC	Sí
Uso en atmósfera potencialmente explosiva	
• ATEX zona 2	No
• ATEX zona 22	No
• IECEx Zone 2	No
• IECEx Zone 22	No
• cULus Class I zona 1	No
• cULus Class I zona 2, división 2	No
• FM Class I Division 2	No
Homologaciones navales	
• Germanischer Lloyd (GL)	Sí
• American Bureau of Shipping (ABS)	Sí
• Bureau Veritas (BV)	Sí
• Det Norske Veritas (DNV)	Sí
• Lloyds Register of Shipping (LRS)	Sí
• Nippon Kaiji Kyokai (Class NK)	Sí
• Polski Rejestr Statkow (PRS)	No
• Chinese Classification Society (CCS)	No
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
En servicio (montaje vertical)	
— en posición de montaje vertical, mín.	0 °C
— en posición de montaje vertical, máx.	50 °C
En servicio (máx. ángulo de inclinación)	
— con ángulo máx. de inclinación, mín.	0 °C
— con ángulo máx. de inclinación, máx.	40 °C
En servicio (montaje vertical, formato retrato)	
— en posición de montaje vertical, mín.	0 °C
— en posición de montaje vertical, máx.	40 °C
En servicio (máx. ángulo de inclinación, formato retrato)	
— con ángulo máx. de inclinación, mín.	0 °C
— con ángulo máx. de inclinación, máx.	35 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-20 °C
• máx.	60 °C
Humedad relativa del aire	
• En servicio máx.	90 %; sin condensación
Sistemas operativos	
propietarios	Sí
Sistema operativo preinstalado	
• Windows CE	No
configuración / título	
Ventana de avisos	Sí
Sistema de alarmas (con búfer y confirmación)	Sí
Representación de valores de proceso (salida)	Sí
Especificación de valores de proceso (entrada) posible	Sí
Administración de recetas	Sí
Software de configuración	
• STEP 7 Basic (TIA Portal)	Sí; vía WinCC Basic (TIA Portal) integrado
• STEP 7 Professional (TIA Portal)	Sí; vía WinCC Basic (TIA Portal) integrado
• WinCC flexible Compact	No
• WinCC flexible Standard	No

• WinCC flexible Advanced	No
• WinCC Basic (TIA Portal)	Sí
• WinCC Comfort (TIA Portal)	Sí
• WinCC Advanced (TIA Portal)	Sí
• WinCC Professional (TIA Portal)	Sí
Idiomas	
Idiomas online	
• Número de idiomas online/runtime	10
Idiomas	
• Idiomas por proyecto	32
Funcionalidad bajo WinCC (TIA Portal)	
Librerías	Sí
Aplicaciones/opciones	
• Navegador web	Sí
• SIMATIC WinCC Sm@rtServer	Sí; Disponible con WinCC (TIA Portal) V14 o superior
Nº de scripts Visual Basic	No
Planificador de tareas	
• controlada por tiempo	No
• controlada por tarea	Sí
Sistema de ayuda	
• Nº de caracteres por texto informativo	500
Sistema de avisos	
• Nº de clases de avisos	32
• Avisos de bit	
— Nº de avisos de bit	1 000
• Avisos analógicos	
— Nº de avisos analógicos	25
• Método de numeración de avisos S7	No
• Avisos del sistema HMI	Sí
• avisos de sistema de otros (SIMATIC S7, SINUMERIK, SIMOTION, ...)	Sí; Buffer de avisos del sistema SIMATIC S7-1200 y S7-1500
• Valores de caracteres por aviso	80
• Valores de proceso por aviso	8
• Grupos de confirmación	Sí
• Indicador de avisos	Sí
• Búfer de avisos	
— Nº de entradas	256
— Búfer circular	Sí
— remanente	Sí
— libre de mantenimiento	Sí
Administración de recetas	
• Número de recetas	50
• Registros por receta	100
• Entradas por registro	100
• Tamaño de la memoria de recetas interna	256 kbyte
• Memoria de recetas ampliable	No
Variables	
• Nº de variables por equipo	800
• Nº de variables por sinóptico	100
• Valores límite	Sí
• Multiplexar	Sí
• Estructuras	No
• Matrices	Sí
Imágenes	
• Número de imágenes configurables	250
• Ventana permanente/platilla	Sí
• Imagen global	Sí
• Imágenes emergentes	No
• Imágenes deslizables	No
• Selección de imagen via PLC	Sí
• Nº de imagen en el PLC	Sí

Objetos gráficos	
• Número de objetos por imagen	100
• Campos de texto	Sí
• Campos de E/S	Sí
• Campos de E/S gráficos (lista de gráficos)	Sí
• Campos de E/S simbólicos (lista de textos)	Sí
• Campos de fecha/hora	Sí
• Interruptores	Sí
• Botones	Sí
• Visor de gráficos	Sí
• Iconos	Sí
• Objetos geométricos	Sí
Objetos gráficos complejos	
• Número de objetos complejos por imagen	10
• Visor de avisos	Sí
• Visor de curvas	Sí
• Visor de usuarios	Sí
• Estado/forzado	No
• Visor Sm@rtClient	No
• Visor de recetas	Sí
• Visor de curvas f(x)	No
• Visor de diagnóstico del sistema	Sí; Buffer de avisos del sistema SIMATIC S7-1200 y S7-1500
• Media Player	No
• Navegador HTML	Sí
• Visor de PDF	No
• Visor de cámara IP	No
• Barras	Sí
• Deslizadores	No
• Instrumentos de aguja	No
• Reloj analógico/digital	No
Listas	
• Nº de listas de textos por proyecto	300
• Nº de entradas por lista de textos	100
• Nº de listas gráficas por proyecto	100
• Nº de entradas por lista gráfica	100
Registro histórico	
• Nº de archivos históricos por equipo	2; Un archivo de avisos y un archivo de valores del proceso
• Nº de entradas por archivo histórico	10 000
• Archivo (registro histórico) de avisos	Sí
• Archivo de valor de proceso	Sí
• Métodos de archivado	
— Archivo secuencial	Sí
— Archivo cíclico	Sí
• Ubicación	
— Tarjeta de memoria	No
— Memoria USB	Sí
— Ethernet	No
• Formato de archivo de datos	
— CSV	No
— TXT	Sí
— RDB	No
Seguridad	
• Número de grupos de usuarios	50
• Número de derechos de usuario	32
• Número de usuarios	50
• Exportación/importación de contraseñas	Sí
• SIMATIC Logon	No
Juegos de caracteres	
• Fuentes de teclado	
— USA (Inglés)	Sí
Transferencia (carga/descarga)	

• MPI/PROFIBUS DP	No
• USB	No
• Ethernet	Sí
• mediante soporte de memoria externo	Sí
Acoplamiento al proceso	
• S7-1200	Sí
• S7-1500	Sí
• S7-200	Sí
• S7-300/400	Sí
• LOGO!	Sí
• Win AC	Sí
• SINUMERIK	Sí; No se puede acceder a datos NCK
• SIMOTION	Sí
• Allen Bradley (EtherNet/IP)	Sí
• Allen Bradley (DF1)	No
• Mitsubishi (MC TCP/IP)	Sí
• Mitsubishi (FX)	No
• OMRON (FINS TCP)	No
• OMRON (LINK/Multilink)	No
• Modicon (Modbus TCP/IP)	Sí
• Modicon (Modbus)	No
Herramientas/auxiliares para configuración	
• Backup/Restore	Sí
• Backup/Restore automáticos	No
• Simulación	Sí
• Conmutación de dispositivo	Sí
Periferia/Opciones	
Impresora	No
Tarjeta de memoria MM SIMATIC HMI: Multi Media Card	No
Tarjeta de memoria SD SIMATIC HMI: Tarjeta de memoria Secure Digital	No
Tarjeta de memoria CF SIMATIC HMI Tarjeta Compact Flash	No
Memoria USB	Sí
SIMATIC IPC USB-Flashdrive (lápiz USB)	Sí
Lápiz de memoria USB SIMATIC HMI (lápiz USB)	Sí
Elementos mecánicos/material	
Material de la caja (en el frente)	
• Plástico	Sí
• Aluminio	No
• Acero inoxidable	No
Dimensiones	
Ancho del frente de la caja	330 mm
Altura del frente de la caja	245 mm
Recorte para montaje, ancho	310 mm
Recorte para montaje, Altura	221 mm
Profundidad de montaje	54,9 mm
Pesos	
Peso (sin embalaje)	1 710 g
peso (con embalaje)	2,2 kg
Última modificación:	24/11/2023 

Apéndice D

Simulación en CADe_SIMU

Figura D.1

Energización del PLC S7-1200

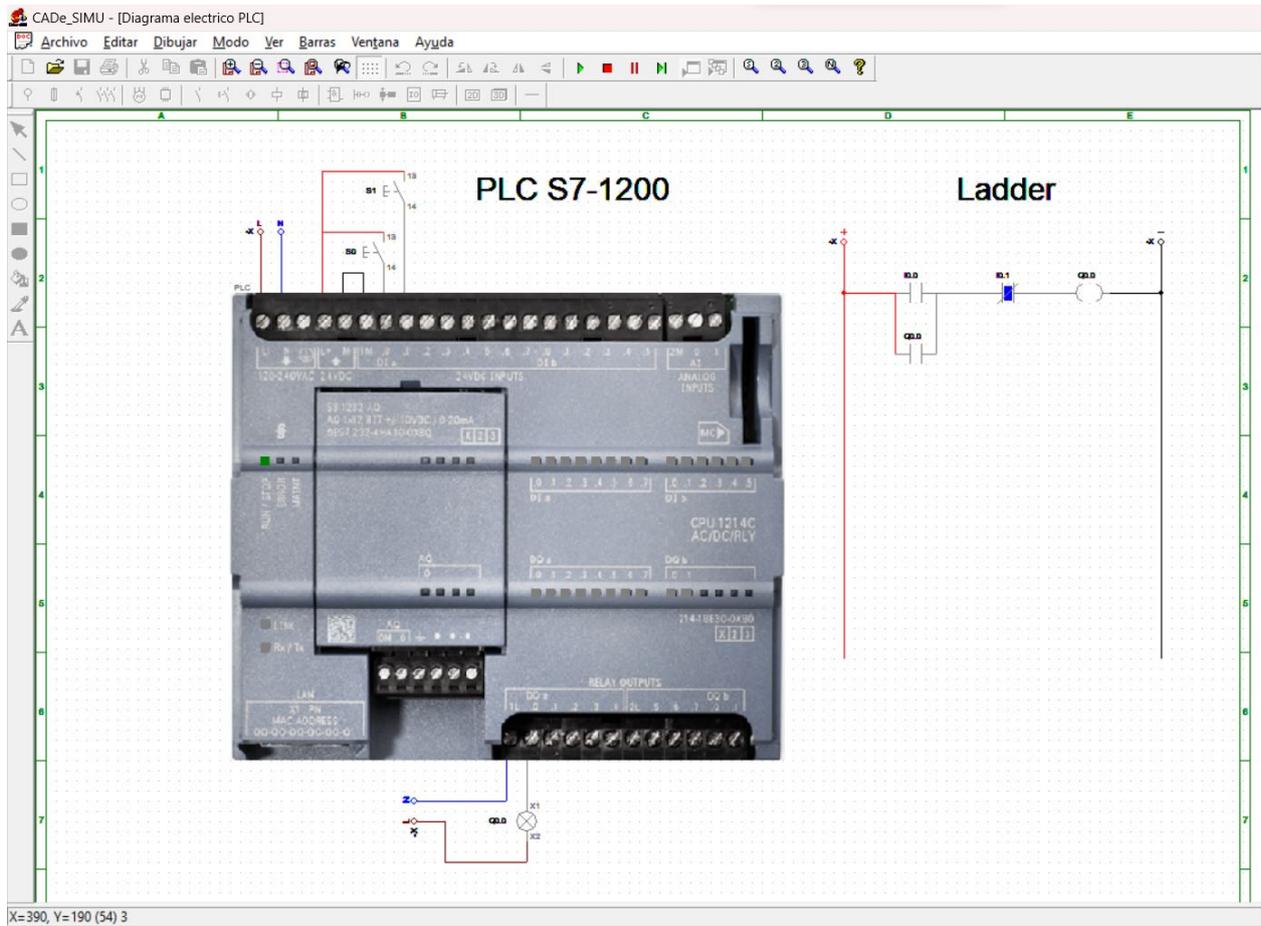


Figura D.2

Pulsador S0 activado → indicador piloto Q0.0 encendido

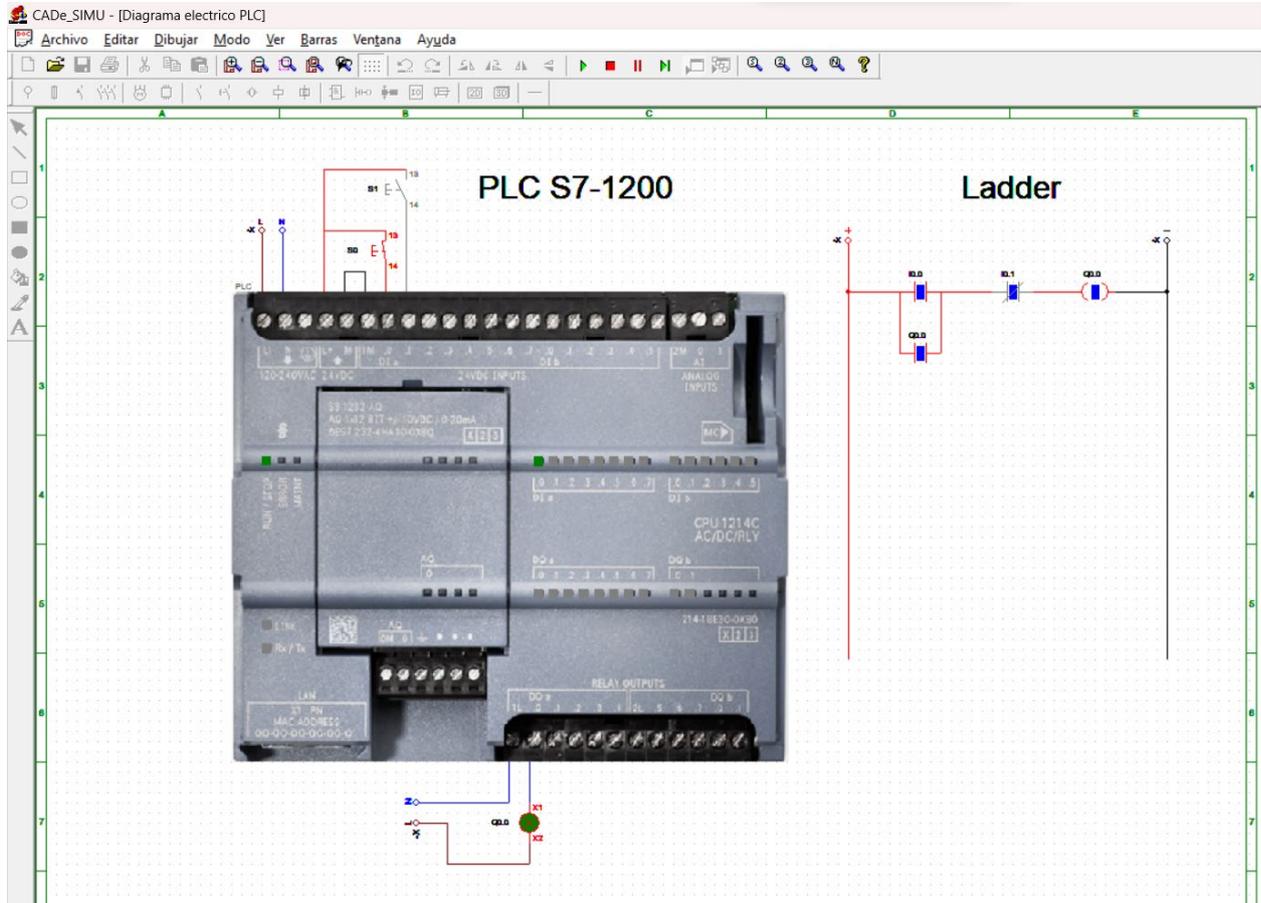
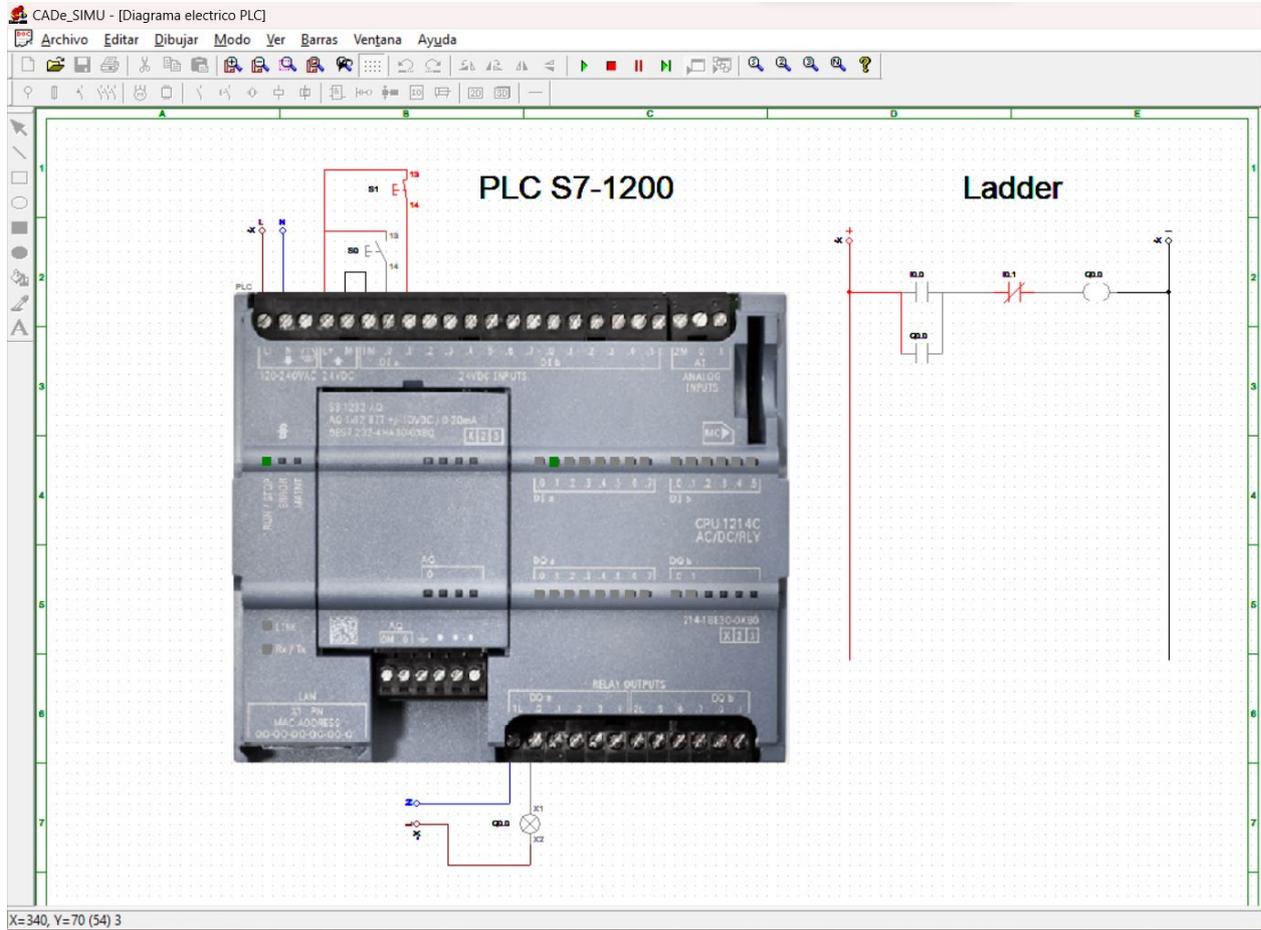


Figura D.3

Pulsador S1 activado → indicador piloto Q0.0 apagado



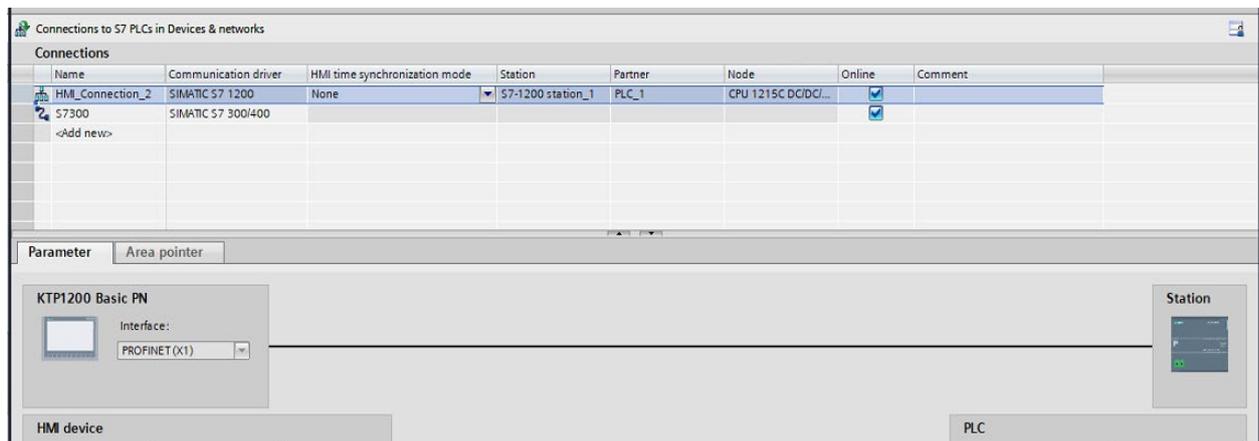
Apéndice E

Configuración de parámetros de la pantalla HMI

En el proceso de configuración de la pantalla HMI, se establecieron conexiones con los PLC que albergan los parámetros clave de las peletizadoras, vinculando cada dirección de variable a un elemento. En la estructura de la planta de peletizado de la empresa, se utilizan principalmente dos PLC diferentes: el SIMATIC S7-1200, previamente analizado en el proyecto, y el SIMATIC S7-300. Se extraen direcciones relevantes de ambos PLC para crear la tabla de etiquetas de variables. Del S7-1200 se obtienen direcciones relacionadas con el control de vapor, agua, frecuencias de operación y el control de los tiempos y causas de parada. Del S7-300 se extraen direcciones vinculadas a parámetros de operación, como amperajes, límites de corriente, temperaturas y el control de los motores de las peletizadoras. Estas conexiones se presentan en la figura a continuación:

Figura E.1

Conexiones de la pantalla HMI con diferentes PLC



Después de establecer las conexiones, cada dirección o variable del PLC se asocia a una etiqueta de variable específica creada exclusivamente para su control desde el SCADA. Se asignan nombres significativos y descriptivos para facilitar su identificación durante el diseño. Por un lado, la Figura E.2 muestra parte de la tabla general de etiquetas de variables, donde se destaca que algunas variables provienen del PLC S7-1200 y otras del PLC S7-300, como se mencionó anteriormente. Por otro lado, la Figura E.3 presenta las tablas de variables creadas para mejorar su identificación.

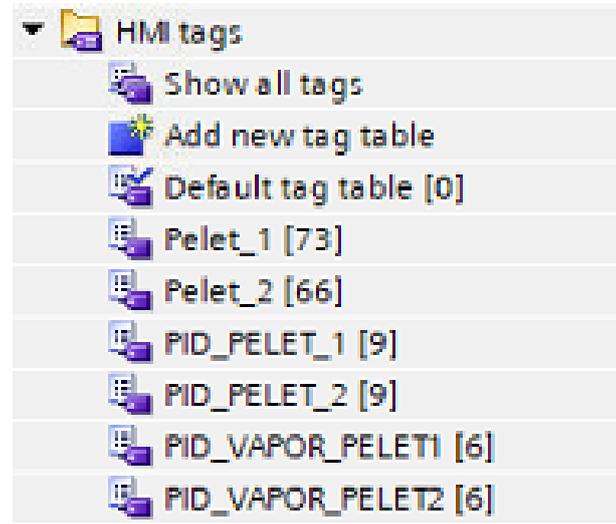
Figura E.2

Etiquetas de variables de la pantalla HMI

Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	Address	Access mo...
%_AGUA_1	PID_PELET_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB543.DB120	<absolute ...
%_AGUA_2	PID_PELET_2	Real	S7300		<Undefined>	%DB543.DB132	<absolute ...
%_VAPOR_1	PID_VAPOR_PELET1	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	DB_SET_PROPORCIONAL...	%DB6.DB092	<absolute ...
%_VAPOR_2	PID_VAPOR_PELET2	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	DB_SET_PROPORCIONAL...	%DB6.DB104	<absolute ...
AJUSTE FRECUENCIA ALIMENTA...	Pelet_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB112.DB020	<absolute ...
AJUSTE FRECUENCIA ALIMENTA...	Pelet_2	Real	S7300		<Undefined>	%DB113.DB020	<absolute ...
AMPERAJE_M113_TOTAL	Pelet_2	Real	S7300		<Undefined>	%DB113.DB136	<absolute ...
AMPERAJE_M113A	Pelet_2	Real	S7300		<Undefined>	%DB113.DB128	<absolute ...
AMPERAJE_M113B	Pelet_2	Real	S7300		<Undefined>	%DB113.DB132	<absolute ...
AMPERAJE_M91	Pelet_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB540.DB176	<absolute ...
AMPERAJE_M92	Pelet_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB540.DB180	<absolute ...
AMPERAJE_M93_TOTAL	Pelet_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB112.DB136	<absolute ...
AMPERAJE_M93A	Pelet_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB112.DB128	<absolute ...
AMPERAJE_M93B	Pelet_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB112.DB132	<absolute ...
APERTURA DE AJUSTE 1	Pelet_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB112.DB028	<absolute ...
APERTURA DE AJUSTE 2	Pelet_2	Real	S7300		<Undefined>	%DB113.DB028	<absolute ...
APERTURA_VALVULA_1	Pelet_1	Real	S7300		<Undefined>	%DB112.DB028	<absolute ...
APERTURA_VALVULA_2	Pelet_2	Real	S7300		<Undefined>	%DB113.DB028	<absolute ...
APERTURA_VALVULA_AGUA_1	PID_PELET_1	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	DB_SET_PROPORCIONAL...	%DB6.DB048	<absolute ...
APERTURA_VALVULA_AGUA_2	PID_PELET_2	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	DB_SET_PROPORCIONAL...	%DB6.DB048	<absolute ...
APERTURA_VALVULA_VAPOR_1	PID_VAPOR_PELET1	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	DB_SET_PROPORCIONAL...	%DB6.DB088	<absolute ...
APERTURA_VALVULA_VAPOR_2	PID_VAPOR_PELET2	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	DB_SET_PROPORCIONAL...	%DB6.DB100	<absolute ...
ARRANQUE_MAQUINA_1	Pelet_1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MAQUINAS_PARADAS AR...		<symbolic ...
ARRANQUE_MAQUINA_2	Pelet_2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MAQUINAS_PARADAS AR...		<symbolic ...
ATORAMIENTO_1	Pelet_1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MAQUINAS_PARADAS AT...		<symbolic ...
ATORAMIENTO_2	Pelet_2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MAQUINAS_PARADAS AT...		<symbolic ...
BYPASS_HMI_RETORNO_PELET_1	Pelet_1	Bool	S7300		<Undefined>	%DB112.DBX122.7	<absolute ...
BYPASS_HMI_RETORNO_PELET_2	Pelet_2	Bool	S7300		<Undefined>	%DB113.DBX122.7	<absolute ...

Figura E.3

Esquema de las tablas de etiquetas de variables de la pantalla HMI



Apéndice F

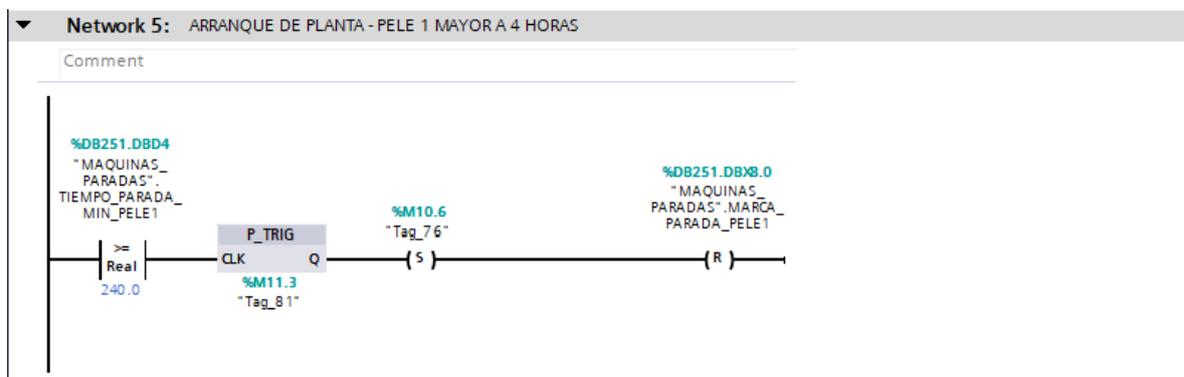
Resultados de programación y control

Gran parte de los fundamentos de este proyecto reposan en programación, utilizando diversos lenguajes y enfoques para alcanzar el sistema de control final. A continuación, se presentan ejemplos adicionales de la programación realizada, ofreciendo una perspectiva detallada de los métodos utilizados y su justificación. Cabe destacar que gran parte de las variables que se expondrán están asociadas al sistema SCADA implementado en el HMI.

En la Figura F.1 se presenta un diagrama de contactos que identifica los arranques de la planta o de la máquina. En respuesta a los requisitos del cliente, se estableció que cuando una máquina permanece inactiva por más de 4 horas, se considera que está en mantenimiento general o que la planta está apagada, siendo esto generalmente planificado. Dado que no se trata de una falla ni de una eventualidad, se detalla este contador como un arranque de planta. Es importante señalar que este evento no se tiene en cuenta en la generación de informes ni en el almacenamiento en la base de datos, ya que, como se mencionó, es un evento planificado que no debe afectar los indicadores operativos.

Figura F.1

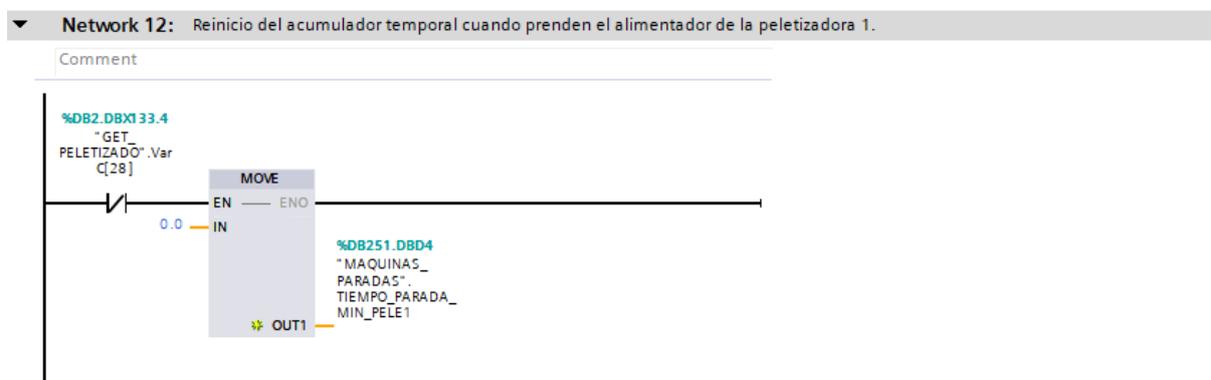
Control en lógica de contactos para arranques de planta



La Figura F.2 presenta el código para reiniciar el contador cuando el alimentador de la peletizadora se enciende. Cada vez que el alimentador se activa, el tiempo de parada se restablece, indicando que la falla se resolvió, la causa se identificó y almacenaron en la base de datos. Este enfoque garantiza que el sistema esté listo para contabilizar nuevos períodos de inactividad.

Figura F.2

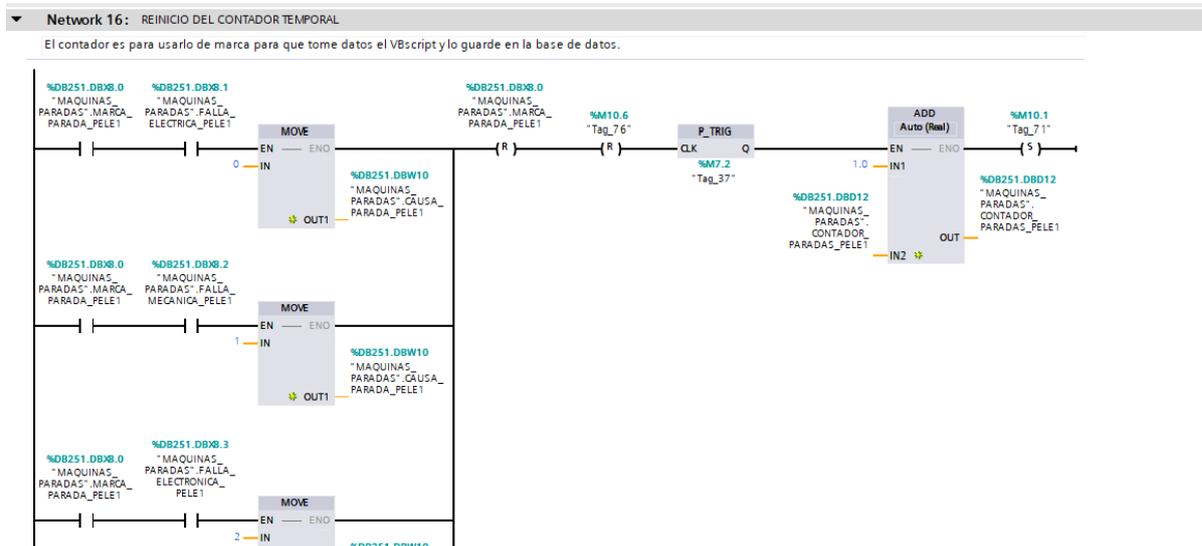
Control en lógica de contactos para reiniciar acumulador de paradas



La Figura F.3 muestra parte del control de eventos de las máquinas peletizadoras. Este código se encarga de almacenar temporalmente los eventos y los tiempos de parada en un bloque de datos (Figura F.5). Además, envía una señal al VBScript a través del contador. Cuando el contador incrementa en una unidad, indica que se ha producido una falla que ha sido identificada, y, asimismo, reinicia la marca que impide el encendido del alimentador para permitir su reactivación. El programa Simatic WinCC y VBScript detectan este cambio de valor, activando el código correspondiente (Figura 3.8) y transmitiendo la información almacenada en el bloque de datos a la tabla de la base de datos SQL, cuya estructura se aprecia en la Figura F.7.

Figura F.3

Control en lógica de contactos para conexión con VBScript y base de datos



En el PLC, los datos se almacenan temporalmente durante cinco segundos. Pasado este tiempo, se reinicia el evento de la falla y se asigna un valor de evento 20. Como se detalló en la Tabla 2.2, el evento 20 no está vinculado a ninguna falla ni parada no planificada, por lo que se guarda de manera permanente para evitar problemas. Este enfoque aborda un problema potencial relacionado con la toma de valores falsos por parte de Simatic WinCC y VBScript debido a eventos como cortes de energía o fallas en la red. El código proporciona un margen de cinco segundos para asegurar la correcta grabación de los valores reales en la base de datos. En caso de fallos en la captura de datos, se almacenarán registros no relacionados con las fallas, que se filtran después con un código programado en Python (Figura F.10). Además, es importante destacar que este código se ejecuta localmente periódicamente gracias al Programador de Tareas de Windows.

Figura F.4

Control en lógica de contactos para reiniciar bloque de datos y filtrar fallas en Simatic WinCC

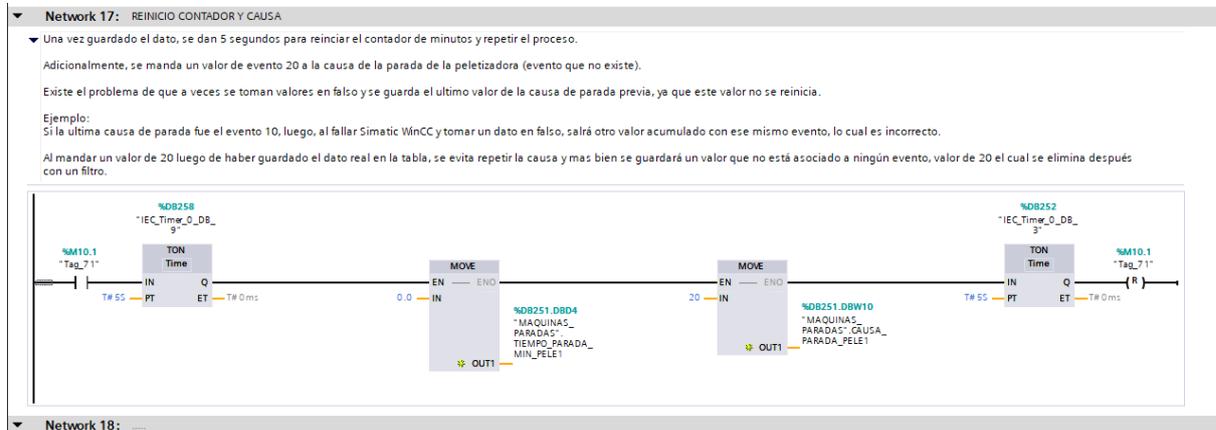


Figura F.5

Bloque de datos para el control de las máquinas peletizadoras

MAQUINAS_PARADAS										
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Co
1	Static									
2	TIEMPO_PARADA_SEG_PEL1	Real	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	TIEMPO_PARADA_MIN_PEL1	Real	4.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	MARCA_PARADA_PEL1	Bool	8.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	FALLA_ELECTRICA_PEL1	Bool	8.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	FALLA_MECANICA_PEL1	Bool	8.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	FALLA_ELECTRONICA_PEL1	Bool	8.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	FALLA_PRODUCION_PEL1	Bool	8.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	CAUSA_PARADA_PEL1	Int	10.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	CONTADOR_PARADAS_PEL1	Real	12.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	TIEMPO_PARADA_SEG_PEL2	Real	16.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	TIEMPO_PARADA_MIN_PEL2	Real	20.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	MARCA_PARADA_PEL2	Bool	24.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	FALLA_ELECTRICA_PEL2	Bool	24.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	FALLA_MECANICA_PEL2	Bool	24.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	FALLA_ELECTRONICA_PEL2	Bool	24.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	FALLA_PRODUCION_PEL2	Bool	24.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	CAUSA_PARADA_PEL2	Int	26.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	CONTADOR_PARADAS_PEL2	Real	28.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	TIEMPO_PARADA_SEG_PEL3	Real	32.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	TIEMPO_PARADA_MIN_PEL3	Real	36.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	MARCA_PARADA_PEL3	Bool	40.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	FALLA_ELECTRICA_PEL3	Bool	40.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	FALLA_MECANICA_PEL3	Bool	40.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	FALLA_ELECTRONICA_PEL3	Bool	40.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	FALLA_PRODUCION_PEL3	Bool	40.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	CAUSA_PARADA_PEL3	Int	42.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	CONTADOR_PARADAS_PEL3	Real	44.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	TIEMPO_PARADA_SEG_PEL4	Real	48.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	TIEMPO_PARADA_MIN_PEL4	Real	52.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura F.6

Programación para el filtrado en la tabla de la base de datos

```

import pandas as pd
import pyodbc
from sqlalchemy.engine import URL
from sqlalchemy import create_engine
import sqlalchemy as sa
import warnings
from datetime import datetime
warnings.filterwarnings("ignore")

server = '192.168.xx.xx\WINCC'
database = 'PROCESS_DATA'
username = 'xx'
password = 'xx'
connection_string = 'DRIVER={ODBC Driver 18 for SQL
Server};SERVER='+server+';DATABASE='+database+';ENCRYPT=no;UID='+username+';PWD='+ password
connection_url = URL.create("mssql+pyodbc", query={"odbc_connect": connection_string})
engine = create_engine(connection_url)

cnxn = pyodbc.connect('DRIVER={ODBC Driver 18 for SQL
Server};SERVER='+server+';DATABASE='+database+';ENCRYPT=no;UID='+username+';PWD='+ password)

#Codigo para eliminar datos falsos tomados por el WinCC. Esto se da cuando este se reinicia, sufre algún fallo o se
guarda un codigo.

#Se eliminan valores menores a un minuto de todas las bases de tiempos, lo cual suele darse de una toma de dato falso.
#Ademas, se considera que cuando hay una toma falsa se registra un evento tipo 20.

with engine.begin() as conn:
    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE1 WHERE tiempo_parada_min < 1"))
    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE2 WHERE tiempo_parada_min < 1"))
    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE3 WHERE tiempo_parada_min < 1"))
    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE4 WHERE tiempo_parada_min < 1"))
    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE5 WHERE tiempo_parada_min < 1"))

    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_EXTRU1 WHERE tiempo_parada_min <1"))
    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_EXTRU2 WHERE tiempo_parada_min <1"))
    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_EXTRU3 WHERE tiempo_parada_min <1"))

    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE1 WHERE causa = 20"))

    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE2 WHERE causa = 20"))

    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE3 WHERE causa = 20"))

    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE4 WHERE causa = 20"))

    conn.execute(sa.text("DELETE FROM TIEMPO_PARADA_PELE5 WHERE causa = 20"))

    conn.commit()

```

Figura F.7

Estructura de las tablas de la base de datos

Column Name	Data Type	Allow Nulls
id	int	<input type="checkbox"/>
datetime	datetime	<input checked="" type="checkbox"/>
tiempo_parada_min	float	<input checked="" type="checkbox"/>
causa	int	<input checked="" type="checkbox"/>
turno	int	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

En la Figura F.8 se visualiza el diagrama programado y ejecutado en Power Automate, encargado de extraer datos de la tabla de la base de datos, enviarlos a un documento en Excel, y este último se encarga de generar figuras que son adjuntadas por correo. La Figura F.9 proporciona un detalle de la plantilla utilizada para el documento en Excel, mientras que la Figura F.10 muestra el script empleado para la generación de figuras.

Figura F.8

Diagrama de flujo programado en Power Automate

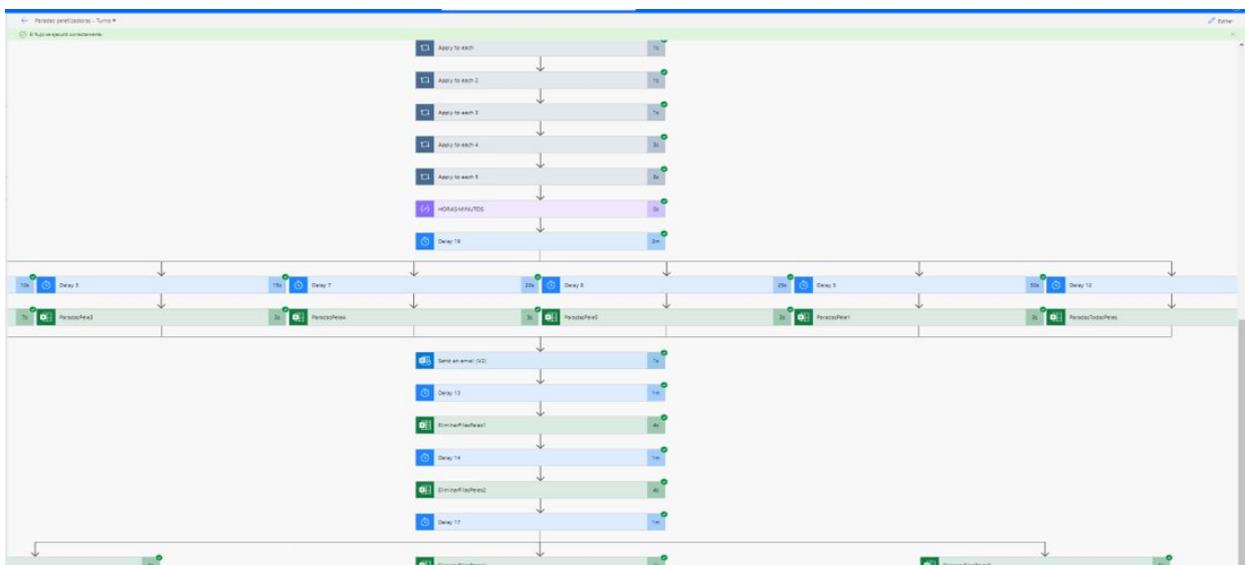


Figura F.9

Plantilla creada en Excel online para la generación de informes

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	TIEMPO PARADA (min)	CAUSA			PARADA (horas)	DISPONIBILIDAD (horas)		MIN		PARADAS (hh:mm:ss)	DISPONIBILIDAD (hh:mm:ss)							
2					0,00	8,00		0		00:00:00	08:00:00							
3																		
4					Tiempo	Causa		Porcentaje										
5					00:00:00	Factor externo (corte de energía)		#DIV/0!										
6					00:00:00	Arranque de Maquina		#DIV/0!										
7					00:00:00	Falla Eléctrica		#DIV/0!										
8					00:00:00	Falla Mecánica		#DIV/0!										
9					00:00:00	Falla Electrónica		#DIV/0!										
10					00:00:00	Falla Operacional		#DIV/0!										
11					00:00:00	Cambio de Dado		#DIV/0!										
12					00:00:00	Atoramiento		#DIV/0!										
13					00:00:00	Tobas PT Llenas		#DIV/0!										
14					00:00:00	Falta de materia prima		#DIV/0!										
15					00:00:00	Cambio de Producto		#DIV/0!										
16					00:00:00	Parada Programada		#DIV/0!										
17					Total	00:00:00		#DIV/0!										
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		

Figura F.10

Plantilla creada en Excel online para la generación de informes

```

function main(workbook: ExcelScript.Workbook,
  wsName: string,
  objType: string,
  objName: string) {

  let ws = workbook.getWorksheet(wsName);
  let base64: string;
  let base64Img: string;
  let base64ImgHTML: string;

  if (objType === "Range") {
    base64 = ws.getRange(objName).getImage();
  } else if (objType === "Chart") {
    base64 = ws.getChart(objName).getImage();
  } else if (objType === "Shape") {
    base64 = ws.getShape(objName).
    getImageAsBase64(ExcelScript.PictureFormat.png);

    base64Img = "data:image/png;base64," + base64

    base64ImgHTML = ''

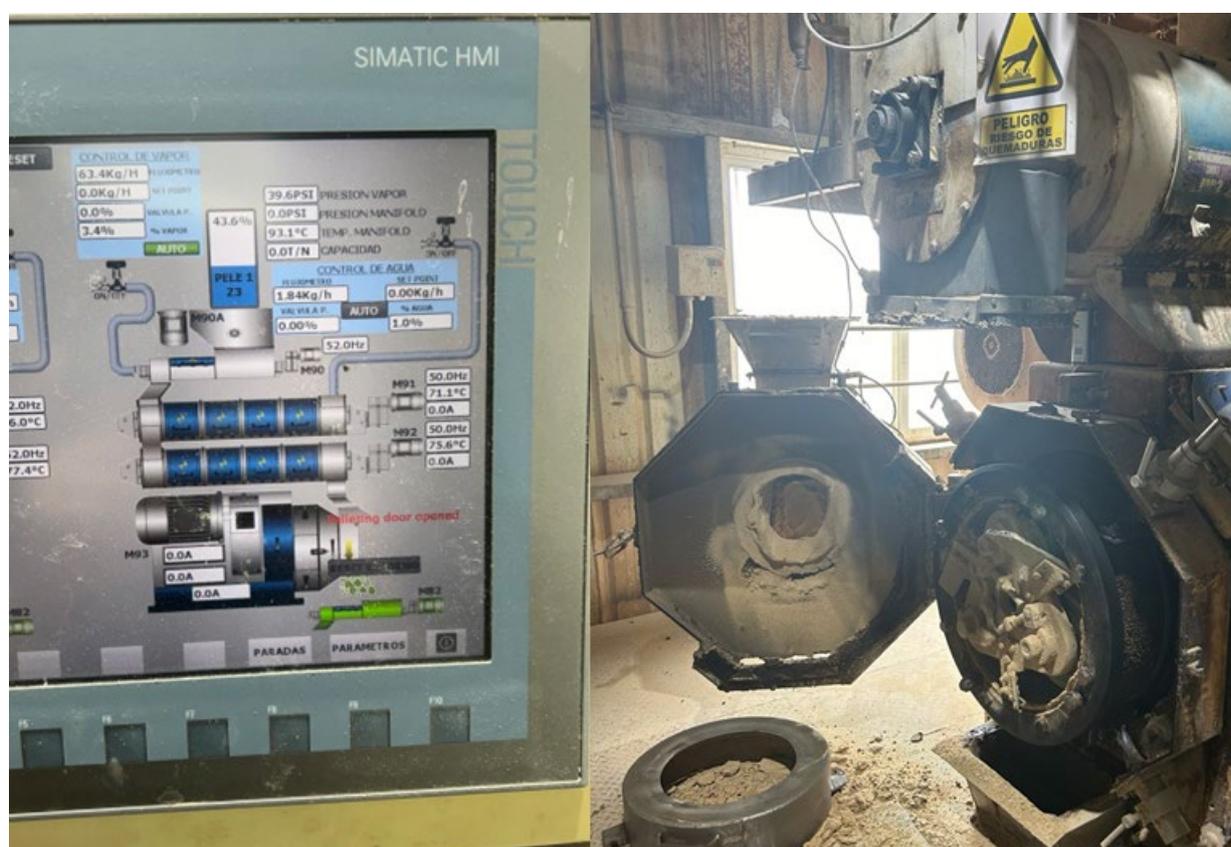
    return { base64, base64Img, base64ImgHTML }
  }
}

```

En última instancia, se ilustra un ejemplo del funcionamiento del sistema de control y SCADA implementado en la pantalla HMI. La Figura F.11 muestra cómo la puerta de la peletizadora se encuentra abierta, activando así un sensor que refleja esta condición en la pantalla. Esta notificación permite tomar medidas necesarias si se requiere o simplemente informar sobre dicha eventualidad.

Figura F.11

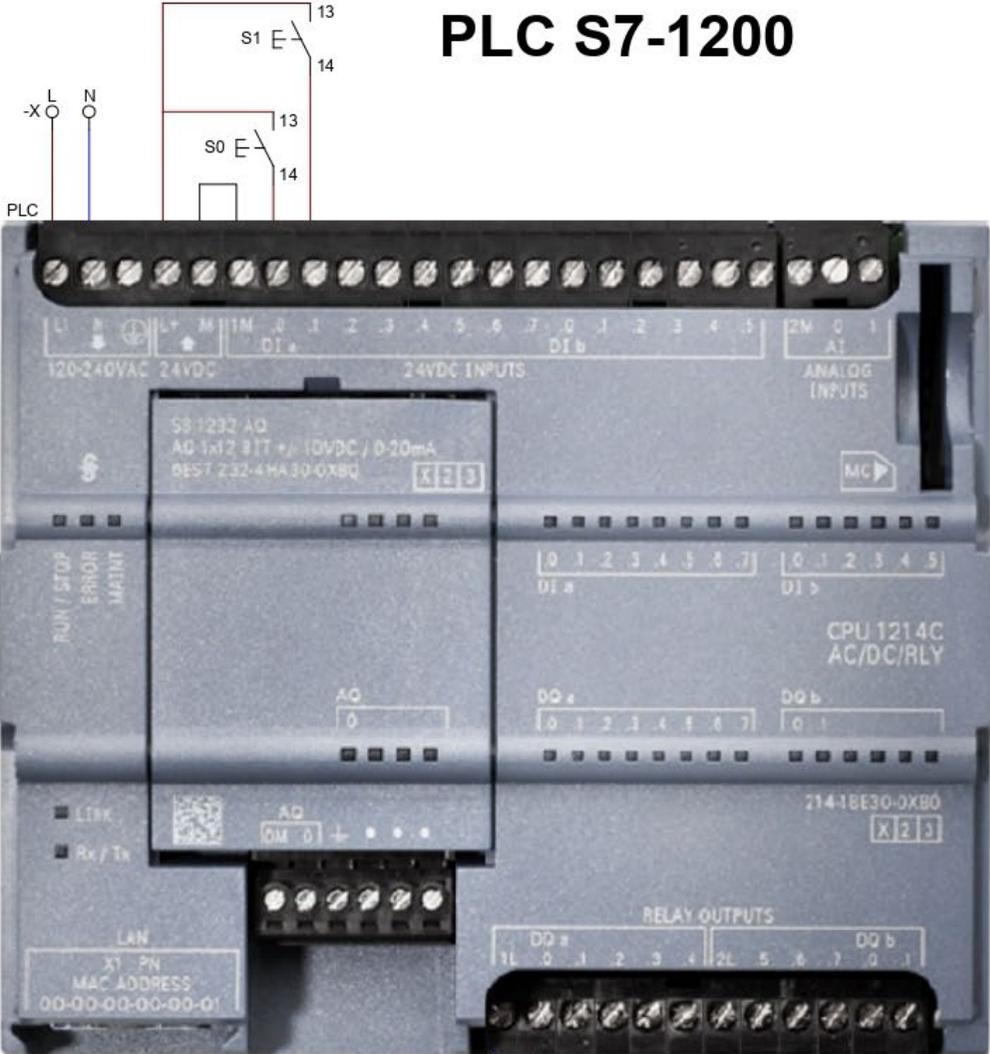
Ejemplo de un caso de prueba del funcionamiento del sistema de control



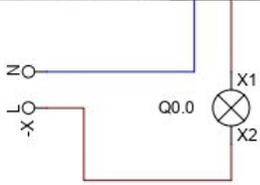
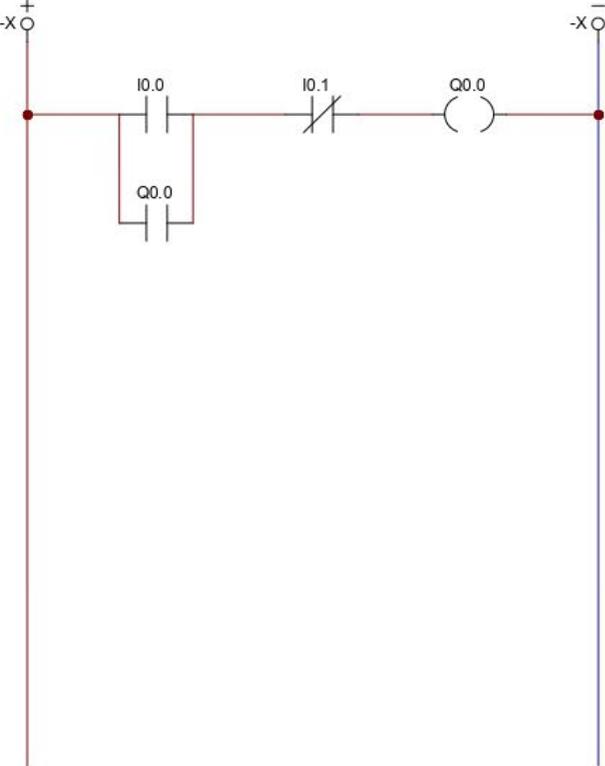
Apéndice G

Planos electrónicos

PLC S7-1200



Ladder



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm:
Dibujado	01/16/2024	Proaño & López	Maverick		Diagrama eléctrico S7-1200	01/16/2024	1
Comprobado	01/16/2024	Carlos Salazar	Bryan			Archivo: Diagrama eléctrico PLC	