



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACSISEL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO
PARA LAS ETAPAS DE HOMOGENIZADO Y COCIDO
MEDIANTE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE EN
LA PRODUCCIÓN DE SALSA DE TOMATE.**

AUTOR

BYRON MAURICIO SUNTAXI JIMENEZ

**Dirigido por
Ing. Carlos Saldaña, MSc.**

La Libertad – 2023

DEDICATORIA

Le dedico este logro académico a dos pilares en mi vida: mi adorada madre y mi abuelo. A mi madre, cuyo amor incondicional y constante apoyo han sido mi mayor inspiración y motor de perseverancia. A mi abuelo, cuyo legado de sabiduría y tenacidad ha guiado cada paso de mi travesía educativa. Asimismo, extendiendo mi dedicación a mi familia, cuyo respaldo inquebrantable ha sido el sostén durante este emocionante viaje.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a mi amada madre, Zulema Jiménez, quien ha sido mi inquebrantable pilar y fuente de inspiración a lo largo de mi vida. Sus sacrificios y amor infinito han sido la luz que ha iluminado mi camino hacia el éxito académico.

A mi abuelo, Dugal Jiménez, quiero rendir un especial agradecimiento por actuar como un padre incansable en mi vida. Su constante presencia y apoyo a lo largo de mi camino académico han sido pilares fundamentales que han guiado mis pasos hacia el éxito.

Extendiendo mi gratitud a la señora Delia Llanos, junto con su esposo e hijos, quienes generosamente me brindaron su hospitalidad y apoyo durante este período universitario. Su generosidad ha sido invaluable, marcando una diferencia significativa en mi vida.

Asimismo, no puedo dejar de expresar mi gratitud a mis compañeros de clase de la universidad, quienes han sido compañeros leales en este viaje académico. Su colaboración y apoyo mutuo han enriquecido mi experiencia educativa y han contribuido al logro de metas compartidas.

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Firma de responsabilidad del estudiante.

Nombre: Byron Mauricio Sntaxi Jimenez

Cédula: 0202385662



Firma

Firma de Responsabilidad del Profesor o Tutor Propuesto.

Nombre: Ing. Carlos Alberto Saldaña Enderica, MSc.

Cédula: 0914840947



Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALBERTO
SALDANA ENDERICA

Firma

Firma de Responsabilidad del Docente de Unidad de Integración Curricular II

Nombre: Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, MSc.

Cédula: 1104610132



Firmado electrónicamente por:
LUIS ENRIQUE
CHUQUIMARCA JIMENEZ

Firma

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: " DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LAS ETAPAS DE HOMOGENIZADO Y COCIDO MEDIANTE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE EN LA PRODUCCIÓN DE SALSA DE TOMATE ", elaborada por el estudiante Byron Mauricio Suntaxi Jiménez de la cartera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La libertad, 8 de diciembre del 2023



Ing. Carlos Saldaña Enderica, MSc

RESUMEN

En este proyecto, se desarrolló un sistema automatizado para las etapas de homogeneizado y cocido en la producción de salsa de tomate. Utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC), se logró un control de variables como la temperatura del horno y el nivel de los tanques. La interfaz Hombre-Máquina (HMI) proporciona una visualización clara y controles intuitivos. La lógica de programación del PLC abarca desde el encendido del horno hasta el vaciado del tanque de mezcla, asegurando un proceso secuencial y repetitivo. La programación incluye la apertura y cierre de válvulas, el control de bombas y motores para el homogeneizado. El diseño del sistema se basa en un diagrama secuencial que guía desde la selección del controlador hasta las pruebas simuladas finales. La simulación y prueba del sistema en el entorno TIA Portal garantiza su viabilidad.

PALABRAS CLAVES: PLC, HMI, Automatización, Control

ABSTRAC,

In this project, an automated system was developed for the homogenizing and cooking stages in the production of tomato sauce. Using a Programmable Logic Controller (PLC), control of variables such as oven temperature and tank level was achieved. The Human Machine Interface (HMI) provides clear visualization and intuitive controls. The PLC programming logic covers from turning on the oven to emptying the mixing tank, ensuring a sequential and repetitive process. The programming includes the opening and closing of valves, the control of pumps and motors for homogenizing. The system design is based on a sequential diagram that guides from controller selection to final simulated testing. Simulation and testing of the system in the TIA Portal environment guarantees its viability.

KEYWORDS: PLC, HMI, Automation, Control.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS	12
OBJETIVO GENERAL.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	13
1.1. MARCO CONCEPTUAL.....	13
1.1.1. Automatización industrial	13
1.1.2. Controladores lógicos programables (PLC).....	13
1.1.3. Proceso de producción de salsa de tomate.....	13
1.1.4. Homogenización y cocción en la producción de salsa de tomate.....	14
1.1.5. Sensores y actuadores.....	15
1.1.6. HMI (interfaz hombre-máquina).....	16
1.1.7. Estándar ANSI-ISA 101	16
1.2. ANTECEDENTES.....	17
1.3. Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica.....	18
CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL	19
2.1. Plan de implementación.	19
2.1.1. Metodología.....	20
2.1.2. Estudio de factibilidad	21
2.2. Descripción de la solución propuesta.....	22
2.2.1. Elección de controlador PLC.....	22
1.3.1. Módulo expensor de entradas analógicas.....	25
1.3.2. Elección de pantalla HMI.	26
1.3.3. Diagrama de conexión.....	28
1.3.4. Lógica de programación del proceso automatizado para las etapas de homogenizado y cocido.....	29
1.3.5. FACTIBILIDAD ECONÓMICA	31
2.3. Pruebas y puesta en marcha de la solución.	32
2.4. Resultados.....	47
2.5. Conclusiones	47
2.6. Recomendaciones	48
BIBLIOGRAFIA	49
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del proceso de fabricación de la salsa de tomate [5].	14
Figura 2. Etapas del plan de implementación.	20
Figura 3. SIMATIC S7-1200 [16]	23
Figura 4. Dispositivo LOGO 8.3 230RCE[17].	24
Figura 5. Módulo expensor de entradas analógicas[18]	26
Figura 6. SIMATIC HMI, KTP900 Básico[19].	27
Figura 7. Diagrama de conexiones del proyecto	28
Figura 8. Diagrama de flujo para el proceso automatizado del proyecto	30
Figura 9. Carga de programa al PLC virtual	32
Figura 10. Carga exitosa del programa al PLC virtual	33
Figura 11. Ventana de WinCC RT de la simulación del HMI.	33
Figura 12. Ingreso de credenciales del proceso	34
Figura 13. Nombre del operador que ingreso sus credenciales	34
Figura 14. Simulación de la pantalla de configuración de los parámetros.	35
Figura 15. Simulación de la pantalla de proceso en modo remoto.	36
Figura 16. Simulación del proceso en modo manual.	37
Figura 17. Simulación de la pantalla de proceso en modo local.	38
Figura 18. Simulación del proceso en modo automático fase 1.	39
Figura 19. Simulación del proceso en modo automático fase 2.	40
Figura 20. Simulación del proceso en modo automático fase 3.	41
Figura 21. Simulación del proceso en modo automático fase 4.	42
Figura 22. Simulación del proceso en modo automático fase 5.	43
Figura 23. Simulación del proceso en modo automático fase 6.	44
Figura 24. Simulación del histórico del tanque de mezclado	45
Figura 25. Simulación de las alarmas del proceso.	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del SIMATIC S7-1200	22
Tabla 2. Características del LOGO 8.3 230RCE	23
Tabla 3. Tabla de comparación de los PLC	24
Tabla 4. Características de Módulo SM 1231.....	26
Tabla 5. Características del SIMATIC HMI, KTP900 Basic.....	27
Tabla 6. Costo estimado de los dispositivos para la automatización del proceso	31
Tabla 7. Estimación de los costos de mano de obra para la automatización del proceso	31
Tabla 8. Costo total para la automatización del proceso	31
Tabla 9. Variables prueba 1.....	36
Tabla 10. Variables prueba 2.....	37
Tabla 11. Variables prueba 3.....	38
Tabla 12. Variables prueba 4.....	39
Tabla 13. Variables prueba 5.....	40
Tabla 14. Variables prueba 6.....	41
Tabla 15. Variables prueba 7.....	42
Tabla 16. Variables prueba 8.....	43
Tabla 17. Variables prueba 9.....	45

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial ha experimentado una transformación significativa con el avance de las tecnologías de control y monitoreo. En este contexto, la programación de Controladores Lógicos Programables (PLC) y la creación de Interfaz Hombre-Máquina (HMI) han emergido como elementos críticos en el diseño de sistemas automatizados. En este proyecto, nos sumergimos en el fascinante mundo de la automatización aplicada a las etapas de homogenizado y cocido en la producción de salsa de tomate, donde la eficiencia es esencial en estos tipos de sistemas.

La programación del PLC juega un papel central en este escenario. La selección de un PLC específico se basará en sus características técnicas, capacidades y compatibilidad con el entorno de desarrollo. Esta elección para la implementación exitosa de la lógica de control que regirá el proceso de producción. La facilidad de programación, respaldada por el entorno TIA Portal, agrega un nivel de eficiencia y flexibilidad que son fundamentales para la adaptabilidad del sistema.

Paralelamente, la creación de las pantallas HMI es una pieza clave en la interfaz entre el operador y el sistema automatizado. La elección del modelo HMI, se basará en sus características visuales, capacidad de configuración y su integración con TIA Portal. Estas pantallas proporcionan una representación gráfica clara del proceso, facilitando la supervisión y control.

La simulación, es el eslabón esencial en este proyecto, brinda una oportunidad para validar la funcionalidad y eficacia de la programación del PLC y las pantallas HMI en un entorno virtual. Antes de la implementación física, la simulación permite identificar posibles errores, garantizando una transición más suave hacia la fase de producción real.

Este proyecto no solo se enfoca en la aplicación técnica, sino que también destaca la importancia de una planificación y una selección cuidadosa de dispositivos. La combinación de estos elementos culmina en un sistema automatizado sólido y eficiente, sentando las bases para un avance significativo en la producción de salsa de tomate. A medida que exploramos los detalles de la programación, diseño de pantallas HMI y simulaciones, nos sumergimos en el núcleo de la ingeniería de control moderna y la automatización industrial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y simular un sistema automatizado para las etapas de homogenizado y cocido mediante un controlador lógico programable en la producción de salsa de tomate.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar el código del sistema automatizado en PLC para controlar las etapas de homogeneizado y cocido en el proceso de producción.
- Diseñar una interfaz de usuario que sea fácil de entender y utilizar para la representación visual de los procesos.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. MARCO CONCEPTUAL.

1.1.1. Automatización industrial

La automatización industrial se refiere al uso de maquinaria y tecnología para realizar tareas que anteriormente eran realizadas manualmente [1]. En el caso de la producción de alimentos como salsas, la automatización puede incluir procesos como mezcla, cocción, envasado y etiquetado, entre otros. Esta automatización puede aumentar la eficiencia, mejorar la calidad del producto y reducir los costos de producción al minimizar la intervención humana en ciertas etapas del proceso. Además, la automatización industrial puede contribuir a garantizar la seguridad alimentaria al controlar y monitorear los procesos de producción, minimizando el riesgo de contaminación y asegurando el cumplimiento de las normativas sanitarias [2].

1.1.2. Controladores lógicos programables (PLC)

Los controladores lógicos programables (PLC) son sistemas de control informático industrial que se utilizan ampliamente en diversas industrias especialmente en la industria alimenticia [3]. Están diseñados para automatizar y controlar el funcionamiento de maquinaria y procesos. Los PLC son programables, lo que significa que su comportamiento se puede personalizar y modificar escribiendo instrucciones o programas específicos. Son conocidos por su confiabilidad, facilidad de programación e implementación, menores requisitos de cableado, solución de problemas simplificada, menor consumo de energía y modificaciones del sistema más rápidas [4].

1.1.3. Proceso de producción de salsa de tomate

El proceso de producción de la salsa de tomate implica la automatización de las distintas etapas de producción para optimizar los recursos, reducir costos y aumentar la eficiencia de la producción. Como se muestra en la Figura 1, el proceso comienza con el suministro de tomates, que se descargan mediante una carretilla elevadora y luego se lavan sobre una cinta transportadora de acero inoxidable. Los tomates se clasifican para separar los maduros de los inmaduros, para luego pasar por una lavadora de vapor eliminando los contaminantes y suavizando la piel para pelarlos [5].

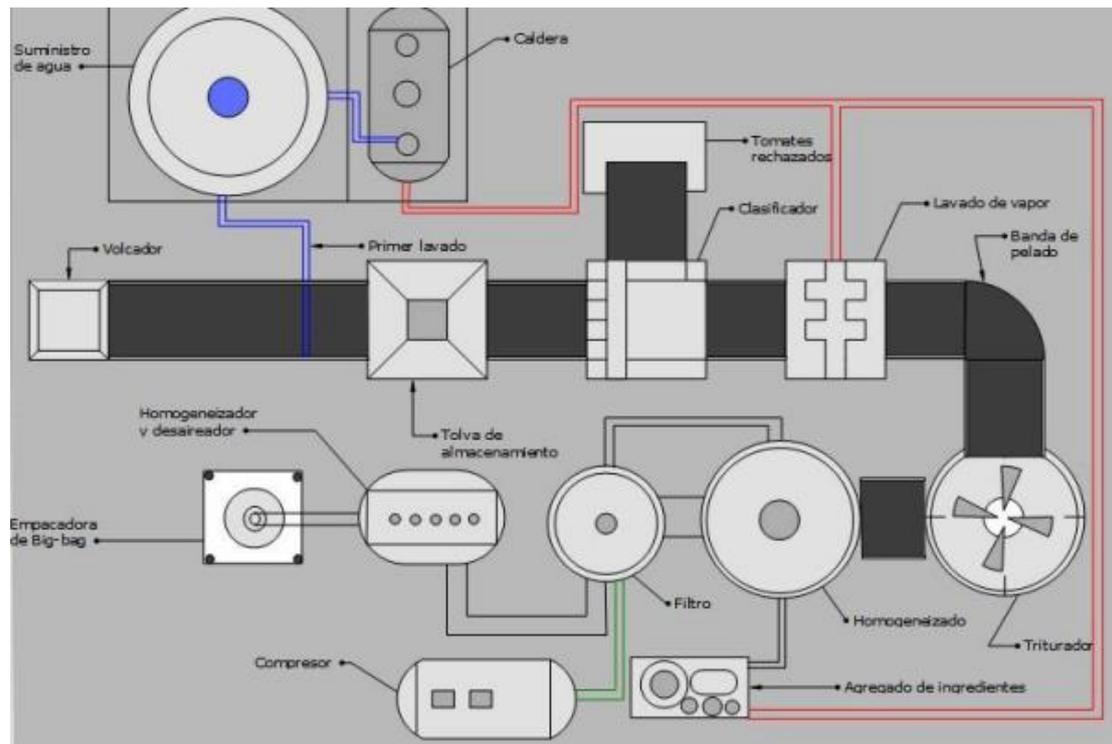


Figura 1. Esquema del proceso de fabricación de la salsa de tomate [5].

Después de pelarlos, los tomates se trituran hasta obtener una pasta húmeda utilizando una trituradora industrial de alta capacidad. Esta pasta se mezcla con ingredientes esenciales como néctar de agave, especias, sal y vinagre en un homogeneizador para asegurar una mezcla consistente. La mezcla se pasa a través de un filtro para eliminar cualquier partícula sólida restante o residuos de cáscara. Además, pasa por un desaireador para eliminar el aire y conseguir la consistencia deseada [5].

1.1.4. Homogenización y cocción en la producción de salsa de tomate

La homogenización y cocción en la producción de salsa de tomate son procesos fundamentales que influyen en la calidad y eficiencia de la elaboración de este producto alimenticio.

El proceso de homogenización implica la mezcla y emulsión de los ingredientes, como tomates, condimentos y otros aditivos, para obtener una consistencia deseada. La aplicación de tecnologías de homogenización avanzadas, como la alta presión hidrostática, puede mejorar la eficiencia y calidad del proceso de homogenización, lo que a su vez contribuye a la seguridad alimentaria y la satisfacción del consumidor [6].

La cocción es un paso crítico que no solo cocina los ingredientes, sino que también concentra los sabores y ayuda a eliminar posibles contaminantes microbiológicos. La aplicación de técnicas de cocción controlada y monitoreo de la temperatura puede garantizar la seguridad alimentaria al destruir microorganismos patógenos y mejorar la calidad sensorial del producto final. Además, la optimización de los tiempos y temperaturas de cocción puede contribuir a la eficiencia en la producción.

1.1.5. Sensores y actuadores

Los sensores son dispositivos que convierten una variable física en una señal eléctrica, que puede ser tanto digital como analógica, funcionan como dispositivos de entrada, proporcionando así una señal manipulable que representa la variable física medida [7]. Por el contrario, los actuadores están diseñados para convertir una señal de control en un movimiento físico o en una acción específica, se encuentran disponibles en diversas versiones, con una variedad de tamaños, estilos y métodos de funcionamiento para adaptarse a las necesidades particulares de cada aplicación [8].

1.1.5.1. Sensor de temperatura

El sensor de temperatura es un dispositivo electrónico diseñado para medir y detectar cambios en la temperatura de un entorno determinado. Funciona capturando las variaciones en la energía térmica y transformándolas en señales eléctricas que pueden ser interpretadas y utilizadas por otros dispositivos [9].

1.1.5.2. Sensores de humedad

Estos sensores son fundamentales para controlar el nivel de humedad en diferentes entornos y asegurar el buen funcionamiento de procesos y sistemas. Utilizan diferentes principios de funcionamiento, como cambios en las dimensiones de materiales, condensación de vapor de agua, absorción de agua por sales higroscópicas o reacciones electroquímicas, para convertir la humedad en una señal eléctrica que puede ser medida [10].

1.1.5.3. Sensor de flujo

Es un dispositivo usado en la industria para medir el caudal que pasa a través de una tubería, según principios físicos específicos, estos sensores generan señales proporcionales a la velocidad, caudal o masa del fluido en movimiento. Además la

tecnología empleada puede variar, abarcando desde efectos térmicos y electromagnéticos hasta ultrasonido, presión diferencial o detección de vórtices [11].

1.1.5.4. Motor trifásico

Es un tipo de motor eléctrico que utiliza corriente alterna, son ampliamente utilizados en la homogenización y cocción de salsa de tomate ya que proporciona la potencia necesaria para accionar el equipo de homogenización, permitiendo mezclar, triturar los tomates y otros ingredientes de manera eficiente y uniforme [12].

1.1.5.5. Electroválvula

Una electroválvula es un dispositivo electromecánico diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto o tubería. Funciona mediante el uso de un solenoide, que convierte la energía eléctrica en energía mecánica para abrir o cerrar la válvula [13].

1.1.6. HMI (interfaz hombre-máquina)

La Interfaz Humano-Máquina, se refiere a la tecnología utilizada para la interacción entre los seres humanos y las máquinas en diferentes entornos, como la industria, la automatización de procesos y los sistemas de control. Consiste en una pantalla o panel de control que permite a los operadores monitorear y controlar equipos y procesos mediante la visualización de datos, gráficos, alarmas y controles intuitivos. El objetivo principal de una HMI es facilitar la comunicación efectiva y eficiente entre los seres humanos y las máquinas, optimizando la productividad, minimizando errores y promoviendo la seguridad en las operaciones industriales. Una HMI bien diseñada debe ser intuitiva, fácil de usar, tener una buena organización de la información y proporcionar retroalimentación adecuada al operador [14].

1.1.7. Estándar ANSI-ISA 101

El Estándar ANSI-ISA 101 es una norma que establece pautas y recomendaciones para el diseño y la implementación de Interfaces Humanos-Máquina (HMI) en sistemas de control y supervisión de procesos industriales. Esta norma se enfoca en mejorar la eficiencia y la experiencia del operario al interactuar con la interfaz, asegurando una representación clara y comprensible de la información del proceso. Al seguir este estándar, se busca optimizar la operación, minimizar errores y garantizar la seguridad en los entornos industriales [14].

1.2. ANTECEDENTES

La salsa de tomate está intrínsecamente ligada al cultivo y la difusión del tomate en el mundo. Originario de América, específicamente de países como Perú, Ecuador y Bolivia, el tomate fue introducido en Europa después del descubrimiento de América en el siglo XV. Inicialmente, fue recibido con escepticismo y considerado ornamental antes de ser aceptado como un ingrediente culinario esencial [15].

Las primeras recetas de la salsa de tomate nacieron en el siglo XVII en Italia de manera rudimentaria, pero no fue hasta el siglo XIX donde John y Frederick Heinz hicieron famosa a esta salsa, con la integración de maquinarias que marco una era de producción a mayor escala [15].

En el proceso de producción de salsa de tomate, la integración del PLC ha sido fundamental para que las distintas etapas, que incluyen el lavado, el pelado, el triturado y la mezcla con otros ingredientes como especias, sal y vinagre, se lleven a cabo de manera automatizada en una línea de producción. Esta automatización no solo optimiza eficazmente los recursos, sino que también mejora significativamente la eficiencia en cuanto a tiempo y costos. Gracias a la automatización de estos procesos, se obtienen datos en tiempo real sobre el rendimiento de las máquinas, lo que posibilita la realización de paradas para llevar a cabo mantenimiento preventivo o correctivo cuando sea necesario [5].

La simulación del sistema antes de su implementación práctica es otro componente esencial. Utilizando software de simulación, se pueden modelar y analizar escenarios diversos, ajustando parámetros y condiciones para optimizar la eficiencia y minimizar posibles problemas. Esto no solo ahorra tiempo y recursos, sino que también ayuda a prevenir fallos en el sistema antes de que ocurran en un entorno de producción real.

1.3. Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica

La propuesta de automatización del proceso mediante un sistema de control PLC y una interfaz HMI para la producción de salsa de tomate ofrece una serie de beneficios prácticos y una importancia significativa en el entorno industrial.

En primer lugar, la introducción de este sistema optimiza la eficiencia del proceso de producción. La automatización permite la ejecución secuencial y repetitiva de tareas, minimizando los tiempos de espera y asegurando un flujo de producción constante. La capacidad de controlar variables como la temperatura y los niveles de líquido contribuye a una producción más consistente y de alta calidad.

Además de la eficiencia operativa, la propuesta mejora la seguridad en el lugar de trabajo. La automatización reduce la dependencia de la intervención humana en tareas potencialmente peligrosas, como el control de temperaturas elevadas. La supervisión a través de la interfaz HMI permite una monitorización en tiempo real y la capacidad de intervenir rápidamente en caso de anomalías.

Otro beneficio clave es en la capacidad de recopilar datos y la observación detallada de los históricos. El sistema PLC y la interfaz HMI registran información sobre cada etapa del proceso, lo que facilita la identificación de áreas a mejorar y el análisis de tendencias a lo largo del tiempo. Esto contribuye a una toma de decisiones y a la implementación de estrategias de mejora continua.

En el contexto de la adaptabilidad y expansión, la propuesta permite futuras actualizaciones y modificaciones del sistema. La modularidad de los PLC y la interfaz HMI facilita la incorporación de nuevas funcionalidades o la adaptación a cambios en los procesos de producción sin la necesidad de una revisión completa del sistema.

Adicionalmente, se destaca la reducción de costos a largo plazo. Aunque la inversión inicial puede ser significativa, la eficiencia y la reducción de errores proporcionadas por la automatización amortizan estos costos a lo largo del tiempo. Menos desperdicio de materias primas y una producción más consistente contribuyen a un retorno de la inversión sostenible.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1. Plan de implementación.

En el contexto de la automatización industrial, la importancia de mantener un sistema organizado y claro se refleja en la eficiencia del control del proceso de producción, especialmente cuando se emplea un Controlador Lógico Programable (PLC). Este último se ha convertido en una pieza fundamental en la automatización de procesos industriales debido a su capacidad para controlar y supervisar diversas operaciones de manera precisa.

Para llevar a cabo plan de implementación de este proyecto se debe iniciar con una evaluación de la viabilidad de este. Antes de entrar en la fase de desarrollo, es esencial llevar a cabo un estudio de factibilidad técnica para asegurarse de que el proyecto sea beneficioso y viable desde el punto de vista técnico. Este análisis implica evaluar los equipos necesarios, garantizando su disponibilidad y adecuación para el propósito del proyecto.

En el contexto del estudio de factibilidad técnica, se ha demostrado que la implementación de un PLC y el diseño de la interfaz gráfica HMI para el proceso de homogenizado y cocido en la producción de salsa de tomate son factibles y cumplen con los requisitos esenciales. Se ha realizado un análisis detallado de los equipos, asegurando que estén en línea con los estándares y necesidades del proyecto.

El siguiente paso en el plan de implementación se basa en un enfoque estructurado, representado por el diagrama secuencial en la Figura 2. Este actúa como un marco ordenado que guía desde la elección del controlador hasta las pruebas simuladas finales. Esta metodología proporciona una guía clara de cada una de las fases del proyecto, facilitando ejecución de las tareas.

Esta metodología no solo asegura una implementación eficiente, sino que también permite una revisión y evaluación continua. Cada fase se alinea con los objetivos del proyecto y se verifica en relación con los requisitos técnicos establecidos.

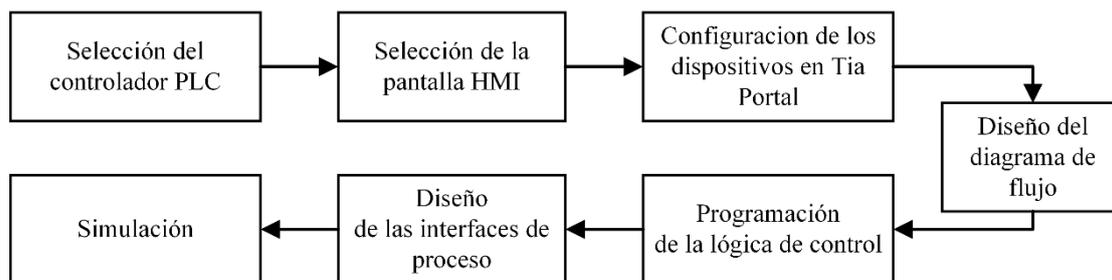


Figura 2. Etapas del plan de implementación

2.1.1. Metodología.

La metodología aplicada en este proyecto se fundamenta en una investigación a través de fuentes bibliográficas especializadas en automatización industrial y control de procesos de producción de salsa de tomate. La investigación bibliográfica es un enfoque que permite revisar y analizar la literatura en relación con los PLCs, HMIs y procesos industriales similares. En la primera fase de esta metodología, se lleva a cabo una revisión sistemática de publicaciones científicas, informes técnicos y documentación oficial de los fabricantes de dispositivos PLC y HMIs.

Una vez recopilada la información, se procede a la identificación de las mejores prácticas y enfoques utilizados en proyectos similares. Esto implica el análisis de casos de estudio, especificaciones técnicas y soluciones implementadas en entornos industriales.

Posteriormente, se realiza una evaluación de las características y capacidades de los PLC y HMIs disponibles en el mercado. Esta evaluación se basa en criterios específicos como capacidad de procesamiento, opciones de comunicación y facilidad de programación. Se comparan diversas opciones para seleccionar el hardware más adecuado que cumpla con los requisitos del proceso de homogenizado y cocido en la producción de salsa de tomate.

La etapa de diseño se centra en la elaboración de la lógica del programa y la interfaz gráfica del HMI. Aquí se aplican principios de programación estructurada y diseño intuitivo de interfaces para garantizar la eficiencia y usabilidad del sistema.

Finalmente, la metodología incluye la implementación del sistema y la realización de pruebas simuladas en su conjunto para validar su funcionamiento antes de la implementación en un entorno de producción real. Este enfoque basado en la investigación bibliográfica proporciona una base sólida y orientada a resultados para el desarrollo exitoso del sistema de control industrial.

2.1.2. Estudio de factibilidad

La factibilidad técnica de este proyecto se inicia con una evaluación detallada de los requisitos específicos del proceso de homogenizado y cocido para la producción de salsa de tomate. Este análisis implica identificar las variables que actúan en el proceso, como temperaturas, niveles de los líquidos y tiempos de procesamiento, que deben ser controladas y monitoreadas de cerca para asegurar la calidad del producto final.

Una vez comprendidos estos requisitos, surge la necesidad de un Controlador Lógico Programable (PLC), comúnmente utilizado en la automatización de plantas alimenticias, que permita el control secuencial y repetitivo del proceso. En este contexto, se selecciona un PLC que cumpla con los requisitos específicos.

Además del PLC, se reconoce la importancia de un medio de supervisión, y aquí es donde entra en juego la Interfaz Hombre-Máquina (HMI). La HMI no solo ofrece una representación visual de los datos clave, sino que también facilita la activación de diferentes modos de operación, proporcionando así una herramienta esencial para la supervisión y control del proceso.

El desarrollo de la lógica de control en el PLC es un paso importante en la factibilidad técnica. Implica programar algoritmos que gestionen las variables de manera eficiente.

El diseño de la Interfaz HMI se vuelve igualmente necesario. Más allá de simplemente visualizar datos, debe ser ergonómico y fácil de entender para los operadores. Elementos como botones de control y representaciones gráficas de los tanques contribuyen a una interfaz efectiva que facilita la interacción intuitiva con el sistema.

2.2. Descripción de la solución propuesta.

La propuesta busca implementar un sistema automatizado para las etapas de homogenizado y cocido en la producción de salsa de tomate, utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC) en conjunto con una Interfaz Hombre-Máquina (HMI). En primera instancia, se plantea la necesidad de una automatización en estas etapas del proceso para garantizar la calidad del producto final. El PLC será el núcleo de la lógica de control, permitiendo una ejecución secuencial y repetitiva del proceso de manera precisa.

2.2.1. Elección de controlador PLC.

En el contexto del estudio de factibilidad para el control del proceso de producción de salsa de tomate, es importante seleccionar el controlador lógico más adecuado. En este análisis, se han considerado dos opciones principales: el SIMATIC S7-1200 y el LOGO 8.3 230RCE. En la Tabla 1 destaca las características del SIMATIC S7-1200 (Figura 3), un controlador lógico programable (PLC) versátil que ofrece una amplia gama de funciones. Este dispositivo cuenta con una variedad de opciones, desde capacidades de entrada/salida hasta comunicación avanzada mediante Ethernet.

Tabla 1. Características del SIMATIC S7-1200

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Tipo de CPU	CPU compacta
Fuente de Alimentación	AC 85-264 V AC a 47-63 Hz
Entradas Digitales (DI)	8 entradas digitales para señales de 24 V DC
Salidas Digitales (DO)	6 salidas digitales con relé de 2 A
Entradas Analógicas (AI)	2 entradas analógicas para medición de 0-10V DC
Capacidad de Memoria	100 KB para almacenamiento de programas y datos
Comunicación	Protocols (Ethernet)
Rango de Temperatura	-20 °C a 60°C

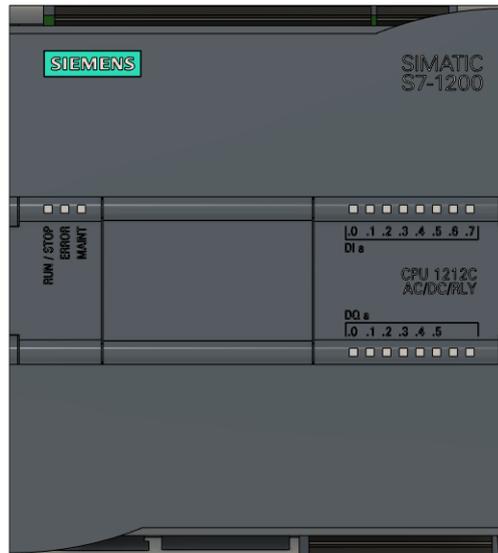


Figura 3. SIMATIC S7-1200 [16]

En contraste, la Tabla 2 presenta las características del LOGO 8.3 230RCE (Figura 4), un módulo lógico con un enfoque más compacto. Aunque cuenta con funciones notables, como un display incorporado.

Tabla 2. Características del LOGO 8.3 230RCE

Características	Descripción
Tipo	Módulo lógico
Pantalla	Display incorporado
Fuente de Alimentación	PS/I/O: 115V/230V/relay
Entradas Digitales (DI)	8
Salidas Digitales (DQ)	4
Capacidad de Memoria	400 bloques
Expandible Modularmente	Sí, modularmente expandible
Comunicación	Ethernet
Tarjeta microSD	Estándar, para LOGO Soft Comfort V8.3 o superior



Figura 4. Dispositivo LOGO 8.3 230RCE[17]

La Tabla 3 proporciona una visión general de la comparación entre estos dos dispositivos, destacando aspectos como las entradas y salidas digitales, la capacidad de memoria, las opciones de comunicación y otras funciones clave

Tabla 3. Tabla de comparación de los PLC

Características	SIMATIC S7-1200	LOGO 8.3 230RCE
Rango de Entradas/Salidas	Amplio rango de opciones, desde modelos con pocas entradas/salidas hasta modelos más avanzados con numerosas E/S.	Limitado número de entradas/salidas, adecuado para aplicaciones más simples.
Potencia de Procesamiento	Mayor potencia de procesamiento, adecuado para aplicaciones más complejas y exigentes.	Menor potencia de procesamiento, ideal para tareas más sencillas.
Comunicación	Soporte para diversas interfaces de comunicación, como PROFINET, PROFIBUS, Ethernet, etc.	Interfaces de comunicación básicas, como Ethernet.
Programación	Programación más avanzada y flexible, utilizando TIA Portal,	Programación más simple, basada en LOGO 8.3 Soft

	que permite una programación estructurada y modular.	Comfort, adecuada para aplicaciones básicas.
Tamaño y Montaje	Disponible en diferentes tamaños y formatos de montaje, lo que permite adaptarse a diversos entornos.	Compacto y diseñado para instalaciones con espacio limitado, fácil de integrar en pequeñas aplicaciones.
Nivel de Complejidad	Adecuado para aplicaciones de mayor complejidad y requerimientos de rendimiento.	Ideal para aplicaciones sencillas y menos complejas.

Dentro de la producción de salsa de tomate, donde el proceso implica distintas etapas y requiere un control eficiente, se opta por seleccionar el controlador lógico PLC SIMATIC S7-1200 (Figura 3). Su mayor potencia de procesamiento, capacidad de comunicación avanzada y la facilidad de programación es otro aspecto importante que influyó en la elección de este dispositivo PLC SIMATIC S7-1200 por lo cual se ve respaldado por la facilidad de código que ofrece a través del entorno de software TIA Portal hacen que sea la elección más adecuada para gestionar las complejidades del proceso de homogenizado y cocido.

Una característica destacada del entorno TIA Portal es su enfoque en la programación basada en bloques, lo que permite construir la lógica de control visualizando y conectando bloques de funciones predefinidos. Además de su capacidad para crear un código más eficiente, TIA Portal integra herramientas de simulación que permiten probar y validar su lógica de control antes de implementarla en el sistema físico.

1.3.1. Módulo expensor de entradas analógicas

La incorporación del módulo expensor de entradas analógicas SIMATIC S7-1200, SM 1231 (6ES7231-4HD32-0XB0), como se ilustra en la Figura 5, responde a la necesidad de ampliar la capacidad de manejo de señales analógicas en el sistema de control. Este módulo agrega cuatro entradas analógicas adicionales, lo que posibilita la conexión de sensores o dispositivos que generan señales analógicas, como transmisores de temperatura y sensores de nivel. La tabla 4 detalla las características técnicas de este

módulo expensor, brindando una visión más precisa de su funcionalidad y especificaciones clave.

Tabla 4. Características de Módulo SM 1231

Característica	Especificación
Tipo de Módulo	SM 1231
Número de Canales Analógicos	4
Rangos de Entrada Configurables	+/-10 V, +/-5 V, +/-2.5 V, 0-20 mA/4-20 mA
Resolución	12 bits más signo (13 bits ADC)
Compatibilidad con SIMATIC S7-1200	Sí
Alimentación	Bus de energía del SIMATIC S7-1200
Rango de Temperatura	Estándar
Conexión	Bus de expansión SIMATIC S7-1200
Compatibilidad con Tensión de Corriente	0-20 mA/4-20 mA

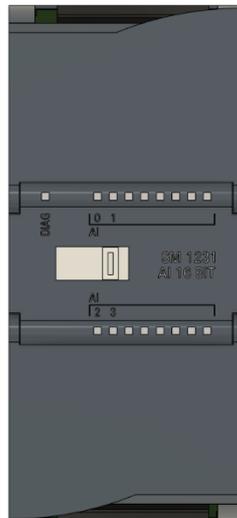


Figura 5. Módulo expensor de entradas analógicas[18]

1.3.2. Elección de pantalla HMI.

La elección del Interfaz Hombre-Máquina (HMI) constituye un aspecto esencial en la implementación de un sistema automatizado industriales, particularmente en la producción de salsa de tomate. La selección cuidadosa de un HMI no solo implica consideraciones técnicas, sino que también representa un componente estratégico para mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones informada.

En este contexto, el HMI seleccionado, el SIMATIC HMI, KTP900 Basic modelo 6AV2123-2JB03-0AX0 (Figura 6), se destaca por sus capacidades técnicas avanzadas y su idoneidad para entornos industriales exigentes.

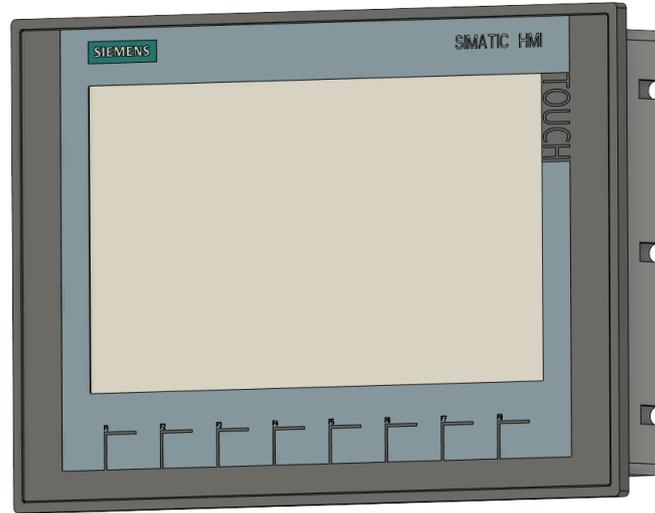


Figura 6. SIMATIC HMI, KTP900 Básico[19]

En los siguientes Tabla 5, exploraremos detalladamente las razones detrás de esta elección, destacando cómo sus características técnicas y su capacidad de integración lo posicionan como una herramienta clave para optimizar el control y la supervisión en la producción de salsa de tomate.

Tabla 5. Características del SIMATIC HMI, KTP900 Basic

Característica	Especificación
Tipo de Panel	Basic Panel
Método de Operación	Tecla/Táctil
Tamaño de Pantalla	9 pulgadas
Tipo de Pantalla	TFT
Resolución de Imagen	800x480 píxeles
Profundidad de Color	65536 colores
Interfaz de Comunicación	PROFINET
Configuración desde	WinCC Basic V13/ STEP 7 Basic V13
Voltaje de Alimentación	24V DC

Estas especificaciones detalladas del SIMATIC HMI, KTP900 Básico, reflejan su capacidad para proporcionar una interfaz de usuario intuitiva y eficiente, junto con su

compatibilidad con los estándares industriales como PROFINET. Además, su flexibilidad y facilidad de configuración desde plataformas bien establecidas, como WinCC Basic V13 y STEP 7, hacen que este HMI sea una elección sólida para entornos de automatización industrial, incluyendo la industria alimentaria.

1.3.3. Diagrama de conexión.

En el diagrama de conexiones, el elemento central es el PLC que actúa como el cerebro del sistema. A través de conexiones Ethernet, el PLC establece comunicación con la interfaz HMI, proporcionando un medio para la supervisión y control del proceso de homogenizado y cocido en la producción de salsa de tomate. Esta conexión bidireccional permite que el operador envíe comandos al PLC y reciba información en tiempo real sobre el sistema.

En cuanto a los sensores, la PT100, está conectada a una entrada analógica del PLC a través de un transmisor de temperatura. Además, los dos sensores de nivel están conectados al módulo expander de entradas analógicas, como se muestra en la Figura 7. Esta configuración proporciona al sistema la capacidad de gestionar y ajustar los niveles de líquido de manera eficiente, contribuyendo así al control del proceso.

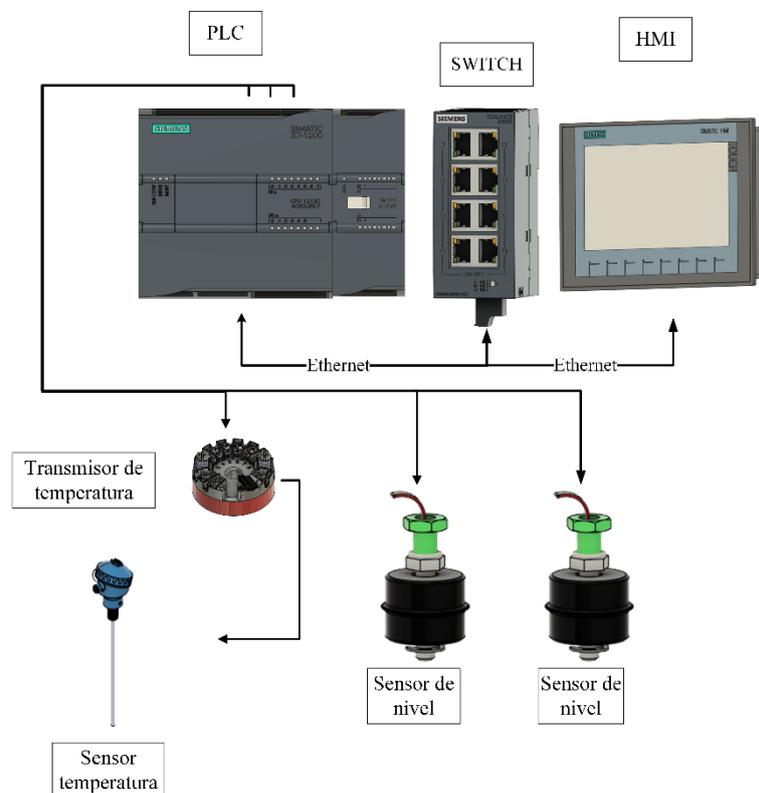


Figura 7. Diagrama de conexiones del proyecto

1.3.4. Lógica de programación del proceso automatizado para las etapas de homogenizado y cocido.

La lógica de programación del proceso automatizado para las etapas de homogenizado y cocido de tomate presenta una estructura de lógica de programación secuencial, que garantiza un funcionamiento de cada fase. Todo comienza con la activación del botón "Start", lo que activa una serie de eventos para el proceso.

En este punto inicial, se da luz verde al horno, iniciando un aumento gradual de la temperatura hasta alcanzar el valor necesario para el inicio de la cocción de los tomates triturados. Este paso establece las condiciones iniciales ideales para el funcionamiento del sistema.

Simultáneamente, el sistema verifica el nivel del tanque 1, dedicado al agua. Si la cantidad de agua alcanza el máximo configurado, Si es verdadero se procede a iniciar el llenado del tanque 2, el cual es el tanque de mezclado. Este proceso se inicia abriendo la electroválvula V1 para llenar el tanque 2 hasta que alcance el nivel de agua previamente configurado. Una vez completada esta etapa, se cierra V1, se enciende la bomba 1 y se abre la electroválvula V2, que se encarga del llenado con el segundo producto, el tomate cocido. Esta operación se lleva a cabo hasta que el nivel del tanque 2 alcance el valor configurado para el producto crudo más el agua presente en el tanque 2.

Tras la verificación de estas condiciones, se cierra V2, se apaga la bomba 1 y se abre la electroválvula V3. Esta etapa es análoga a la anterior, pero en este caso se considera el porcentaje de aditivos. Si la condición es verdadera, se cierra V3 y se inicia el proceso de homogenización encendiendo el motor de la mezcladora (M). El motor permanece activo hasta que la mezcla alcanza el tiempo predeterminado. Al cumplir con esta condición, se detiene el motor de la mezcladora.

Luego, se inicia el proceso de vaciado del tanque 2, encendiendo la bomba 2 y abriendo la electroválvula V4. Una vez que el nivel del tanque 2 llega al mínimo, se cierra V4, se apaga la bomba 2 y se repite el ciclo. Este proceso se representa claramente en un diagrama de flujo, como se muestra en la Figura 8. Cada fase de este proceso automatizado ha sido diseñada para garantizar la coherencia y la eficiencia en la producción de salsa de tomate.

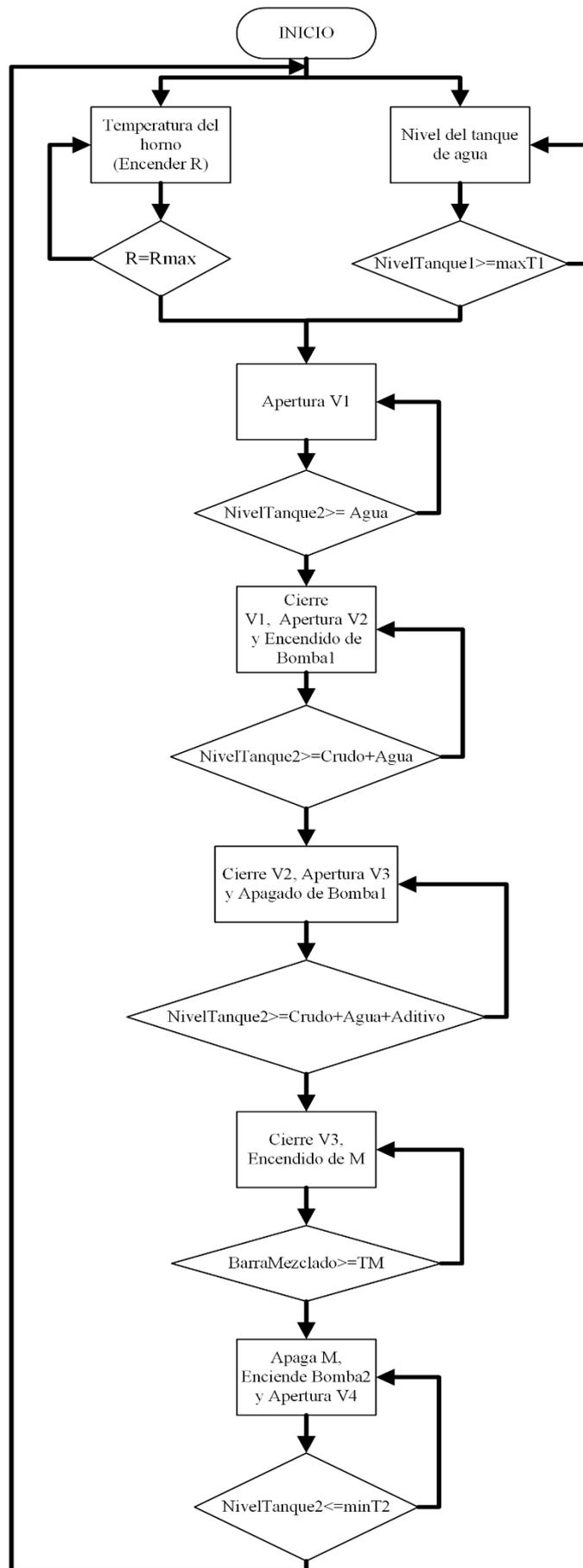


Figura 8. Diagrama de flujo para el proceso automatizado del proyecto

1.3.5. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

En la evaluación de la factibilidad económica, se presenta una estimación detallada de los costos asociados con la implementación del sistema automatizado propuesto. La tabla 6 proporciona un desglose específico de los costos para cada componente.

Tabla 6. Costo estimado de los dispositivos para la automatización del proceso

Dispositivo/Software	Descripción	Cantidad	Precio Unitario
SIMATIC S7-1200 (6ES7212-1BE40-0XB0)	Controlador Lógico Programable	1	\$412.50
SIMATIC S7-1200, SM 1231	Módulo Expansor de Entradas Analógicas	1	\$374.00
SIMATIC HMI, KTP900	Interfaz Hombre-Máquina	1	\$1,494.60
Licencia de TIA Portal	Herramienta de Programación para PLC	1	\$112.20
COSTO TOTAL DISPOSITIVO/SOFTWARE			\$2,393.30

En la tabla 7 se detalla el costo de la mano de obra para llevar a cabo la diseño, instalación, configuración y puesta en marcha de los componentes.

Tabla 7. Estimación de los costos de mano de obra para la automatización del proceso

CANT.	Descripción	P. Total
1	Diseño y desarrollo del software	\$4,000.00
1	Instalación, configuración y puesta en marcha.	\$1,500.00
COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA		\$5,500.00

La inversión total en el proyecto, que incluye tanto el costo de los equipos como el costo asociado con la mano de obra, asciende a \$7,893.30. La tabla 8 detalla claramente cómo se distribuye esta inversión.

Tabla 8. Costo total para la automatización del proceso

DISPOSITIVO/SOFTWARE	\$2,393.30
MANO DE OBRA	\$5,500.00
TOTAL, DE LA INVERSIÓN	\$7,893.30

2.3. Pruebas y puesta en marcha de la solución.

Luego de completar el diseño de las pantallas y la programación de los diferentes modos, se procedió a realizar simulaciones y pruebas del sistema para evaluar su funcionamiento. Inicialmente, se llevó a cabo el proceso de compilación y carga del programa en un PLC virtual, como se muestra detalladamente en la Figura 9. Esta simulación no solo valida el funcionamiento en un entorno controlado, sino que también sirve como ejemplo del procedimiento para cargar un programa en un PLC físico. En esta instancia, se utilizó la función "Iniciar búsqueda" para identificar los dispositivos PLC disponibles en la red y seleccionar el dispositivo al cual se deseaba cargar el programa.

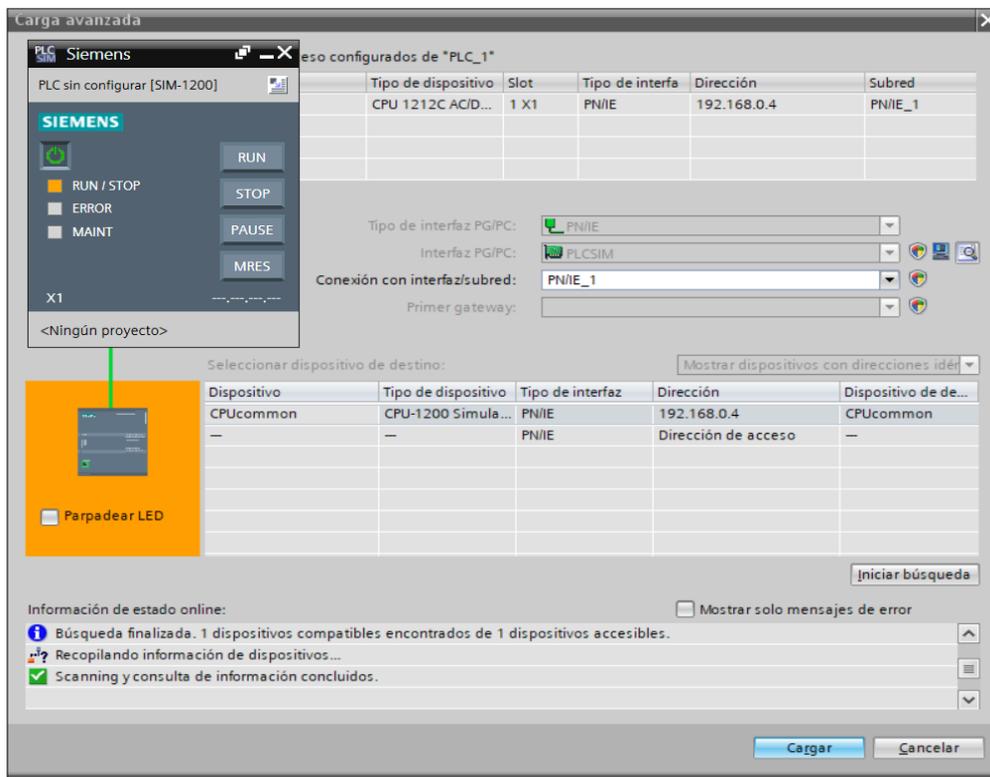


Figura 9. Carga de programa al PLC virtual

Una vez que se ha verificado que no existen errores en el programa y que la compilación se ha realizado con éxito nos aparece una ventana como en la Figura 10, el cual proceder a cargar el programa en el PLC virtual. Al hacer clic en "Finalizar", se confirma y completa el proceso de carga, lo que permite que el programa quede almacenado en la memoria del PLC virtual y esté listo para su ejecución.

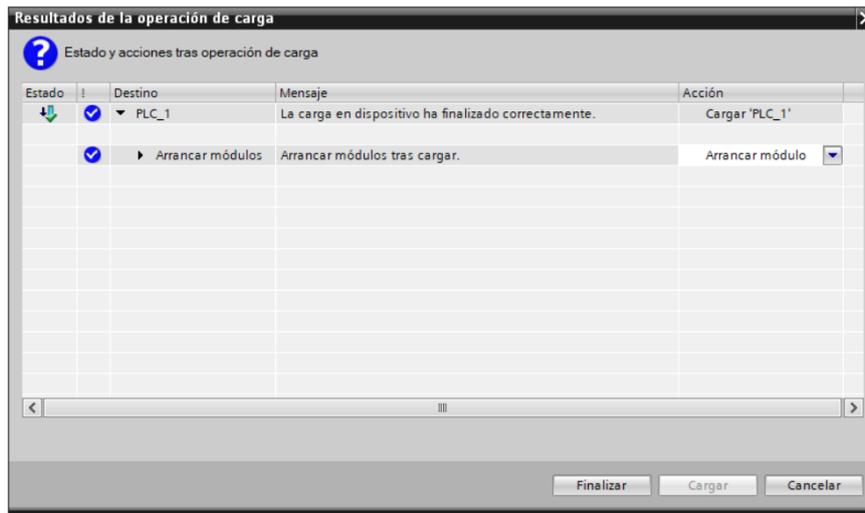


Figura 10. Carga exitosa del programa al PLC virtual

Para iniciar con la simulación de las pantallas HMI, se procede haciendo clic en "Iniciar simulación", lo cual activa el proceso de compilación y carga de todas las pantallas diseñadas. Durante este proceso, se establece una conexión simulada con el PLC virtual, y una ventana del WinCC RT (RunTime) se despliega (Figura 11), proporcionando una representación en tiempo real de cómo se visualizará la interfaz HMI.

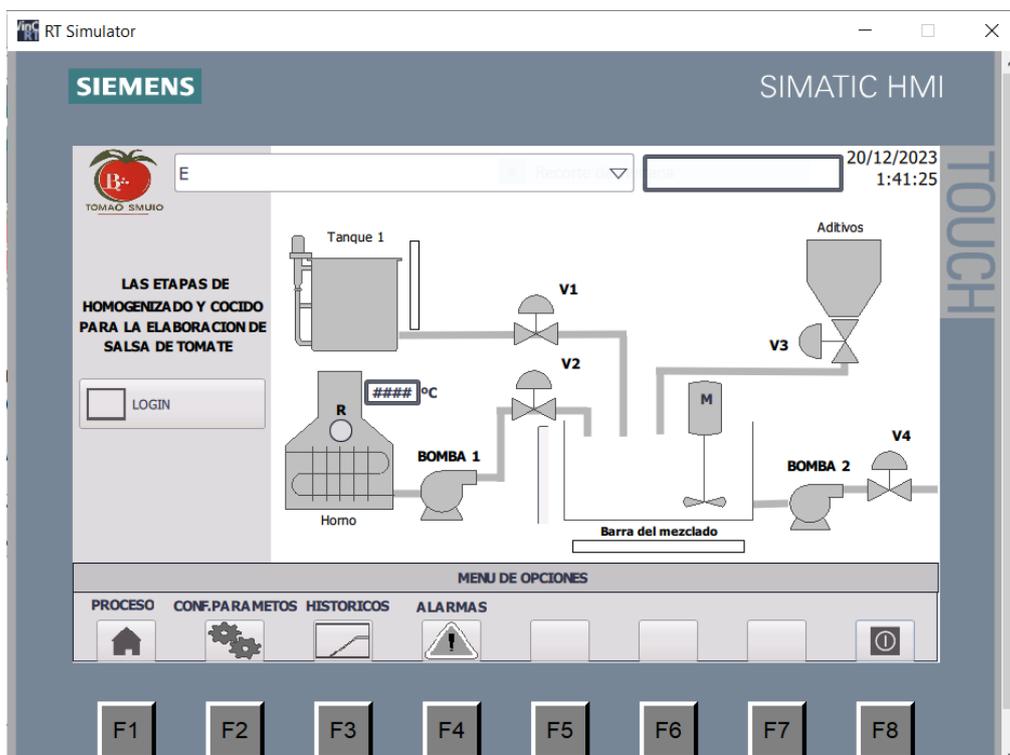


Figura 11. Ventana de WinCC RT de la simulación del HMI

Posteriormente, se procede a verificar el correcto funcionamiento de cada una de las pantallas, iniciando con la validación del login. En esta etapa, se ingresan las credenciales

previamente configuradas en para el administrador (usuario admin) y su respectiva contraseña, tal como se muestra en la Figura 12.

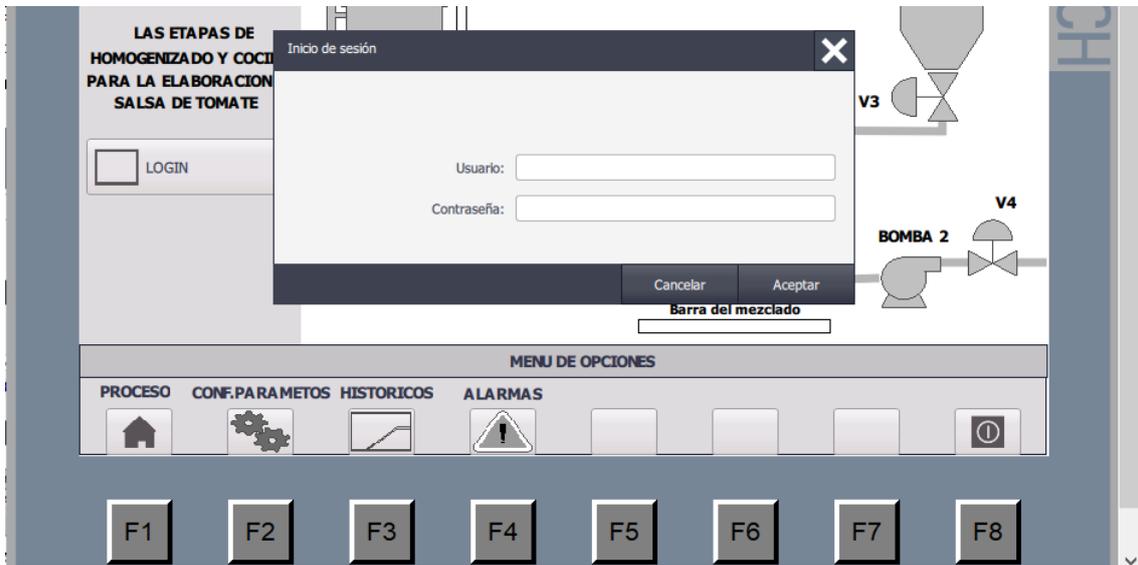


Figura 12. Ingreso de credenciales del proceso

Después de validar el login, en la interfaz se muestra en la parte superior de la ventana el nombre del operador que está manejando el proceso, como se observa en la Figura 13. Esta funcionalidad es esencial para tener una trazabilidad clara de las acciones realizadas en el sistema. Al mostrar el nombre del operador, se proporciona una capa adicional de responsabilidad, ya que cada acción y cambio en la configuración queda registrado junto con la identificación del usuario responsable.

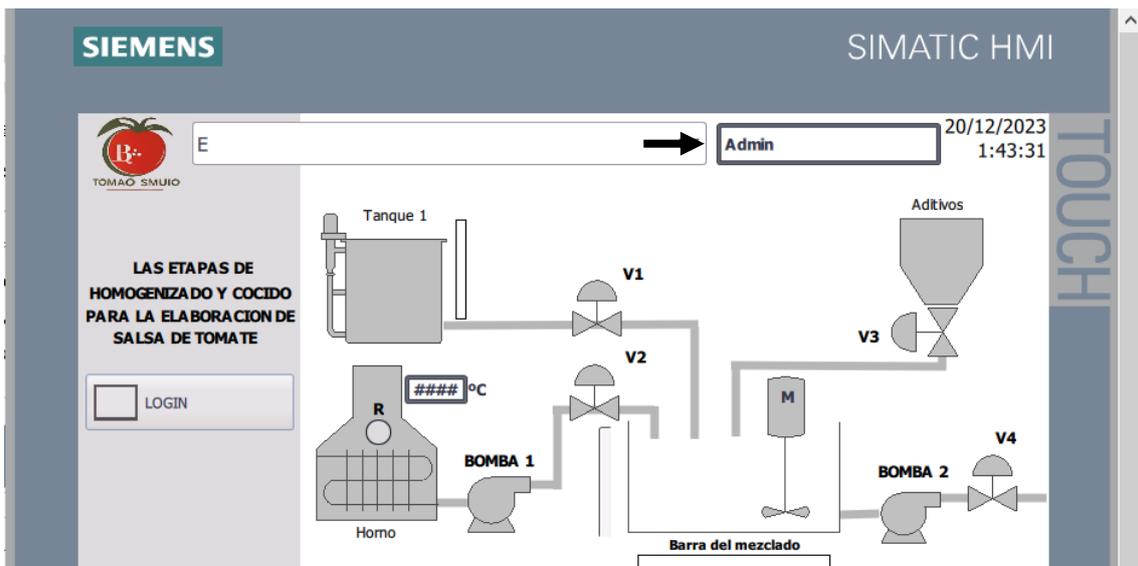


Figura 13. Nombre del operador que ingreso sus credenciales

Previamente a dirigirnos a la pantalla principal del proceso, es esencial pasar por la pantalla de configuración de parámetros. En este paso, se establecen los valores fundamentales para el funcionamiento automático del sistema. Entre estos parámetros se incluyen el nivel máximo y mínimo tanto del tanque de agua como del tanque de mezclado, los valores de temperatura del horno de cocido, el tiempo de la mezcla y la proporcionalidad de la composición del tanque de mezclado. Estos valores son cruciales para garantizar un control preciso y eficiente del proceso de producción de salsa de tomate. La Figura 14 muestra cómo se presenta esta pantalla de configuración de parámetros.

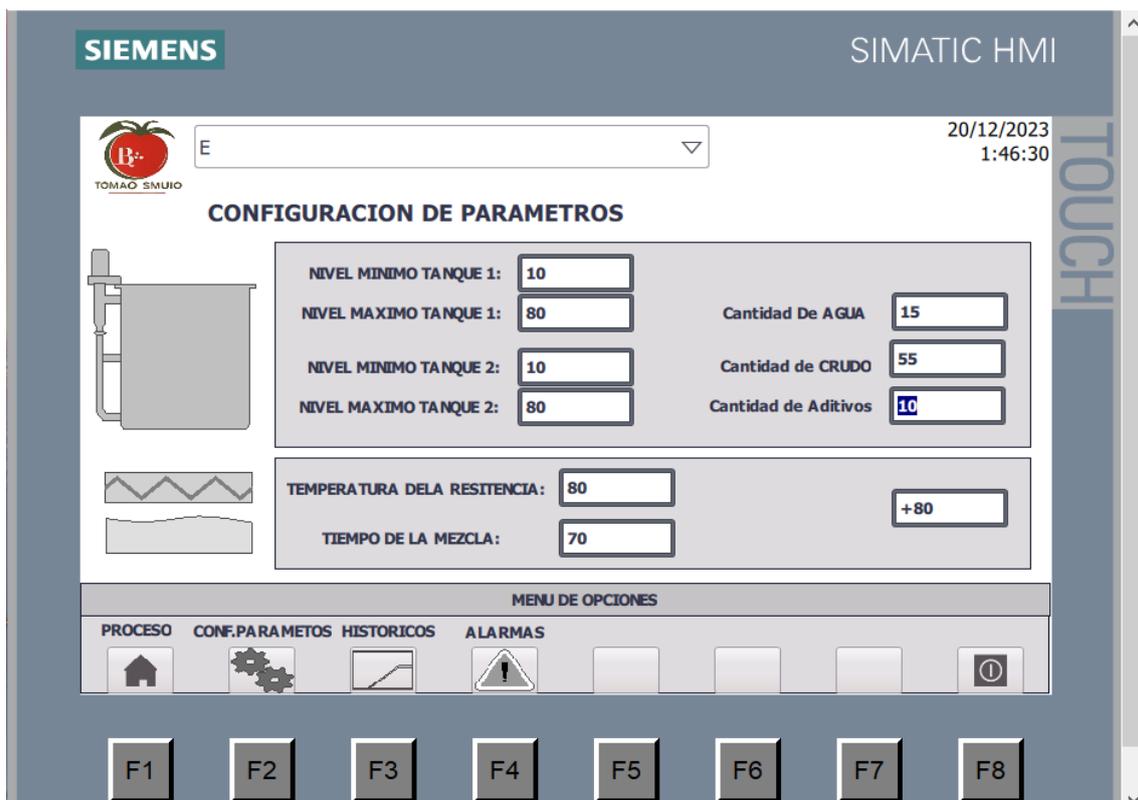


Figura 14. Simulación de la pantalla de configuración de los parámetros.

Una vez que hemos ingresado los valores esenciales en la pantalla de configuración, avanzamos hacia la pantalla principal del proceso. Al operar en el modo remoto, observamos que las opciones de modo manual y automático no se encuentran disponibles, como se evidencia en la Figura 15, y los estados de las variables asociadas se visualizan en la Tabla 9.

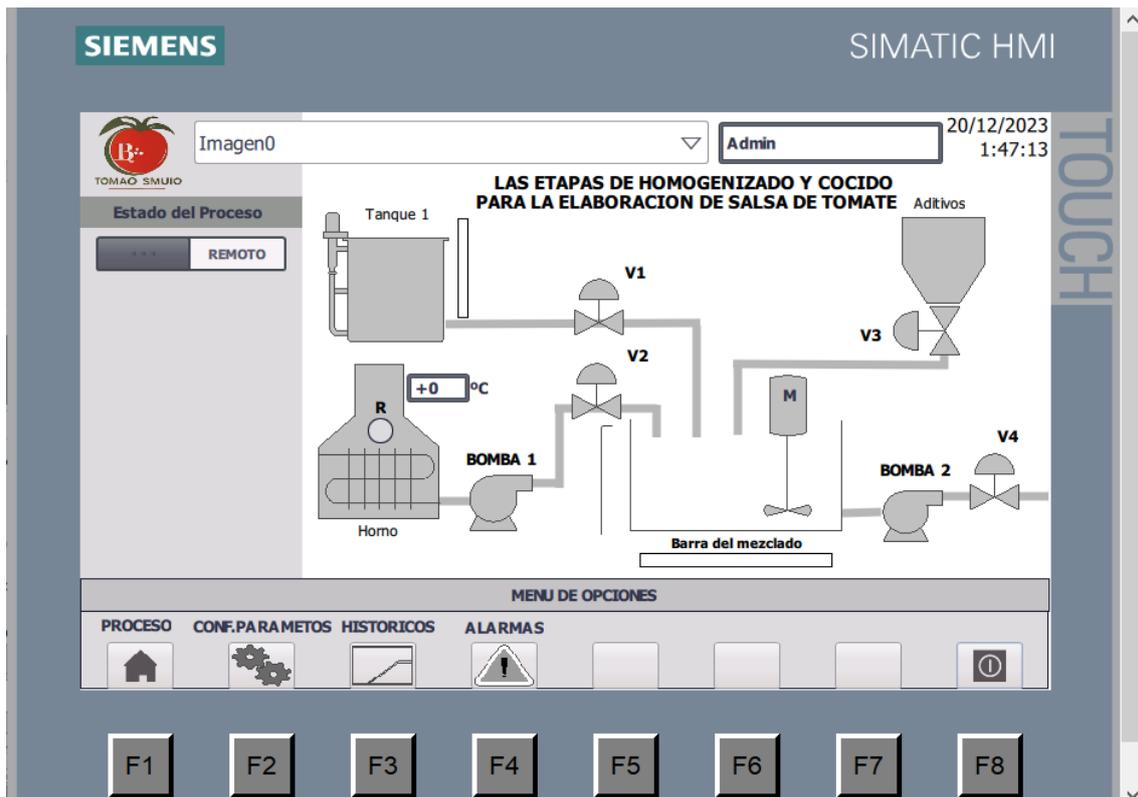


Figura 15. Simulación de la pantalla de proceso en modo remoto

Tabla 9. Variables prueba 1

Prueba de la simulación en estado Remoto		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Remoto	0
Interruptor Manual o Automático (Estado)	No activo	0
Inicio del proceso (Start)	Apagado	0
Parar el proceso (Stop)	Apagado	0
Temperatura del Horno (Res)	Apagado	0
Nivel tanque 1(N Tanque1)	Bajo	0
Nivel tanque 2(N Tanque2)	Bajo	0
Electroválvula 1 (V1)	Apagado	0
Electroválvula 2 (V2)	Apagado	0
Electroválvula 3 (V3)	Apagado	0
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Apagado	0
Bomba 2 (bomba2)	Apagado	0
Mezcladora (M)	Apagado	0

Sin embargo, al cambiar al modo local, estas opciones se presentan a la vista, incluyendo las opciones de Start y Stop para iniciar el proceso en el primer modo el cual es de forma manual, los interruptores de encendido y apagado de los diferentes actuadores están

visibles, ofreciendo una interfaz más limpia y segura para el operador, como se muestra en la misma Figura 16. Los estados actuales de las variables se pueden visualizar en la Tabla 10 para una referencia detallada.

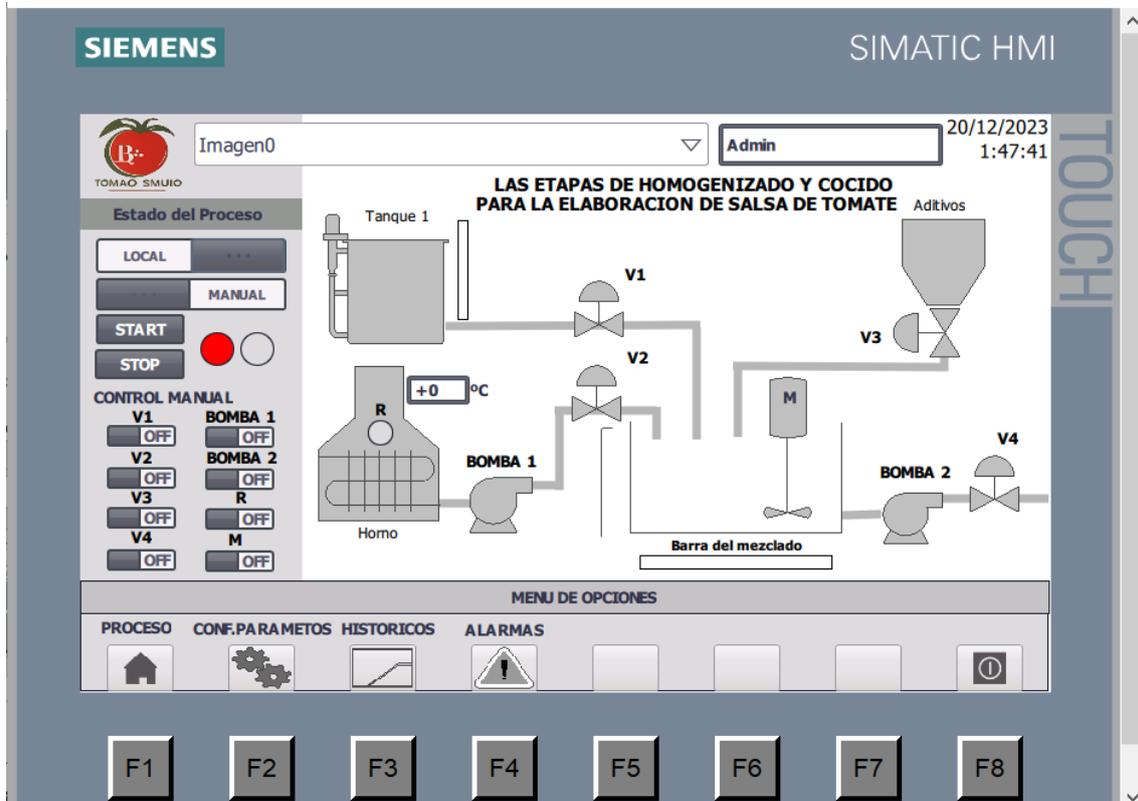


Figura 16. Simulación del proceso en modo manual

Tabla 10. Variables prueba 2

Prueba de la simulación en estado Local Manual		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Remoto	0
Interruptor Manual o Automático (Estado)	Manual	0
Inicio del proceso (Start)	Apagado	0
Parar el proceso (Stop)	Apagado	0
Temperatura del Horno (Res)	Apagado	0
Nivel tanque 1(N Tanque1)	Bajo	0
Nivel tanque 2(N Tanque2)	Bajo	0
Electroválvula 1 (V1)	Apagado	0
Electroválvula 2 (V2)	Apagado	0
Electroválvula 3 (V3)	Apagado	0
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Apagado	0
Bomba 2 (bomba2)	Apagado	0
Mezcladora (M)	Apagado	0

Al estar en modo automático (Figura 17) se ocultan las opciones no relevantes según el estado del sistema, se reduce la posibilidad de errores y se mejora la eficiencia operativa. Además, este enfoque contribuye a la seguridad del sistema, evitando acciones accidentales o malinterpretaciones por parte del operador. Para obtener un detalle sobre el estado actual de las variables durante esta fase, se puede hacer referencia a la Tabla 11.

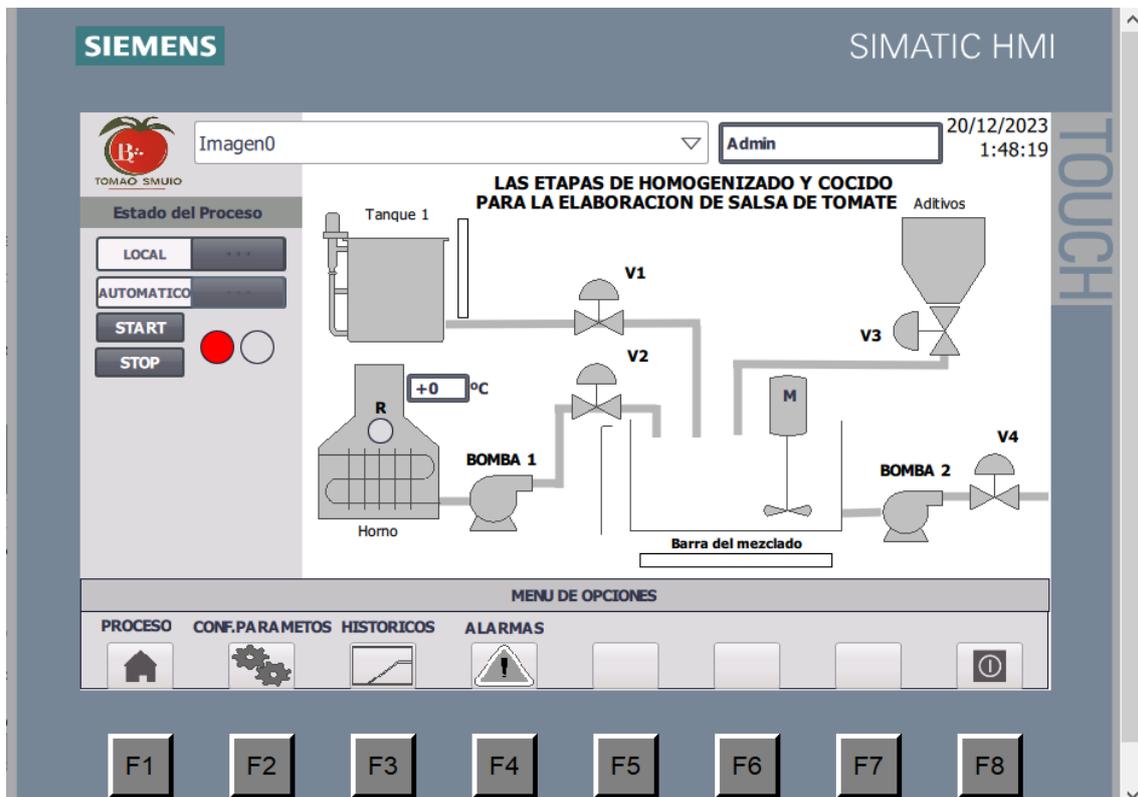


Figura 17. Simulación de la pantalla de proceso en modo local.

Tabla 11. Variables prueba 3

Prueba de la simulación en estado Local Automático.		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Local	1
Interruptor Manual o Automático (Estado)	Automático	1
Inicio del proceso (Start)	Apagado	0
Parar el proceso (Stop)	Encendido	1
Temperatura del Horno (Res)	Apagado	0
Nivel tanque 1(N_Tanque1)	Alto	0
Nivel tanque 2(N_Tanque2)	Bajo	0
Electroválvula 1 (V1)	Apagado	0
Electroválvula 2 (V2)	Apagado	0
Electroválvula 3 (V3)	Apagado	0
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Apagado	0

Bomba 2 (bomba2)	Apagado	0
Mezcladora (M)	Apagado	0

Cuando se hace clic en "Start" en modo automático, como se muestra en la Figura 18, se producen cambios de estados en las variables, según lo reflejado en la Tabla 12, esto desencadena el inicio del proceso. Este comienza con la fase de llenado del tanque de agua y el aumento progresivo de la temperatura en el horno para la etapa de cocido. Este proceso está diseñado para operar de manera secuencial y automatizada

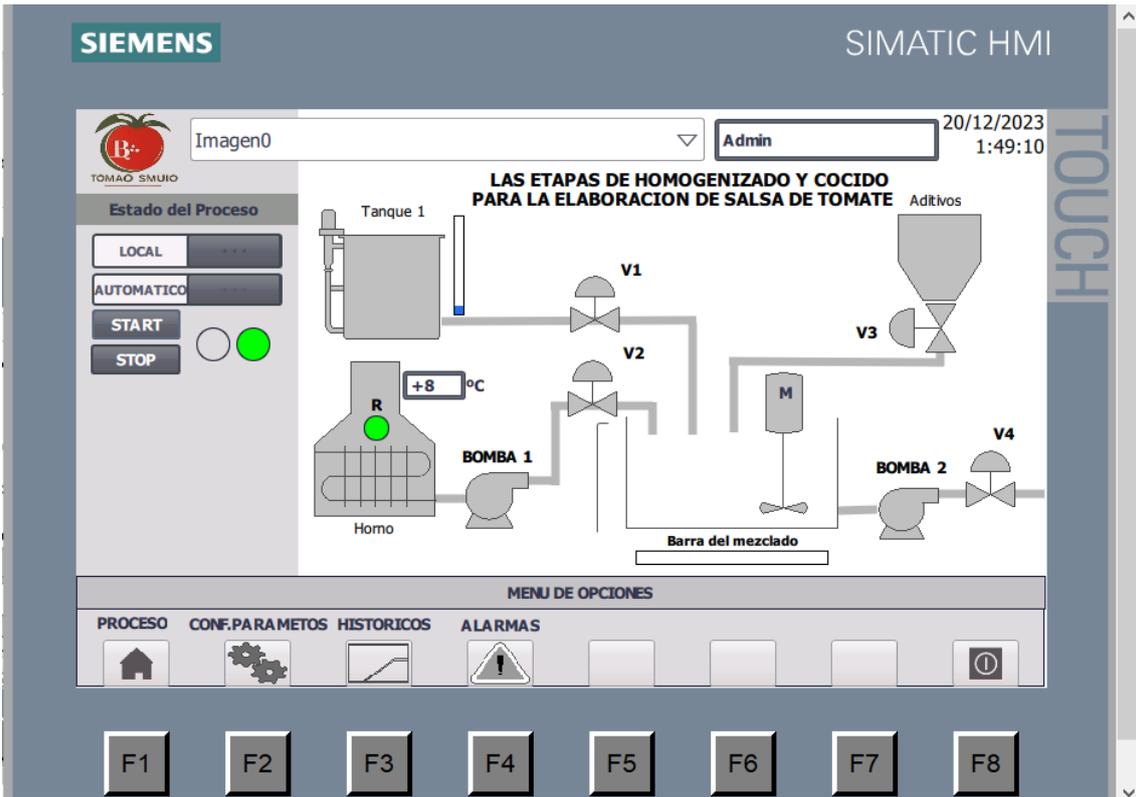


Figura 18. Simulación del proceso en modo automático fase 1.

Tabla 12. Variables prueba 4

Prueba de la simulación en estado Local Automático ejecución del proceso fase 1.		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Local	1
Interruptor Manual o Automático (Estado)	Automático	1
Inicio del proceso (Start)	Encendido	1
Parar el proceso (Stop)	Apagado	0
Temperatura del Horno (Res)	Encendido	80
Nivel tanque 1(N_Tanque1)	Alto	80
Nivel tanque 2(N_Tanque2)	Bajo	0
Electroválvula 1 (V1)	Apagado	0
Electroválvula 2 (V2)	Apagado	0

Electroválvula 3 (V3)	Apagado	0
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Apagado	0
Bomba 2 (bomba2)	Apagado	0
Mezcladora (M)	Apagado	0

La siguiente fase del proceso se inicia una vez que se han alcanzado la temperatura correcta y el nivel óptimo en el tanque 1. En este punto, se procede a abrir la válvula V1, como se ilustra en la Figura 19. La apertura de esta válvula marca el comienzo del llenado del tanque 2, que es el tanque de mezcla principal, tal como se detalla en las variables de la Tabla 13.

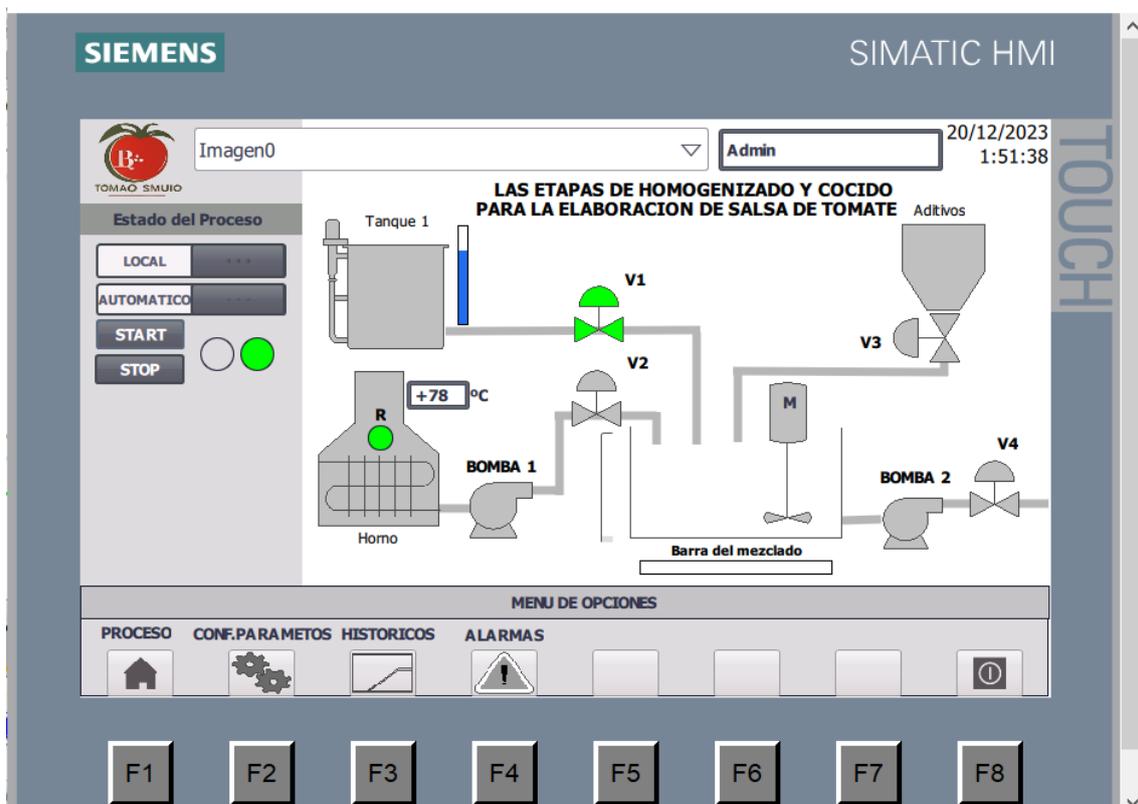


Figura 19. Simulación del proceso en modo automático fase 2.

Tabla 13. Variables prueba 5

Prueba de la simulación en estado Local Automático ejecución del proceso fase 2.		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Local	1
Interruptor Manual o Automático (Estado)	Automático	1
Inicio del proceso (Start)	Encendido	1
Parar el proceso (Stop)	Apagado	0
Temperatura del Horno (Res)	Encendido	80
Nivel tanque 1(N_Tanque1)	Alto	80

Nivel tanque 2(N Tanque2)	Bajo	0
Electroválvula 1 (V1)	Encendido	1
Electroválvula 2 (V2)	Apagado	0
Electroválvula 3 (V3)	Apagado	0
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Apagado	0
Bomba 2 (bomba2)	Apagado	0
Mezcladora (M)	Apagado	0

Una vez que se alcanzan los límites de los parámetros configurados para el primer producto, se cierra la válvula V1 y se abren las válvulas V2 de igual manera se encienden la bomba 1, la cual suministra la cocción del tomate triturado al tanque de mezclado según las cantidades programadas, como se muestra en las variables de la Tabla 14 y gráficamente en la Figura 20.

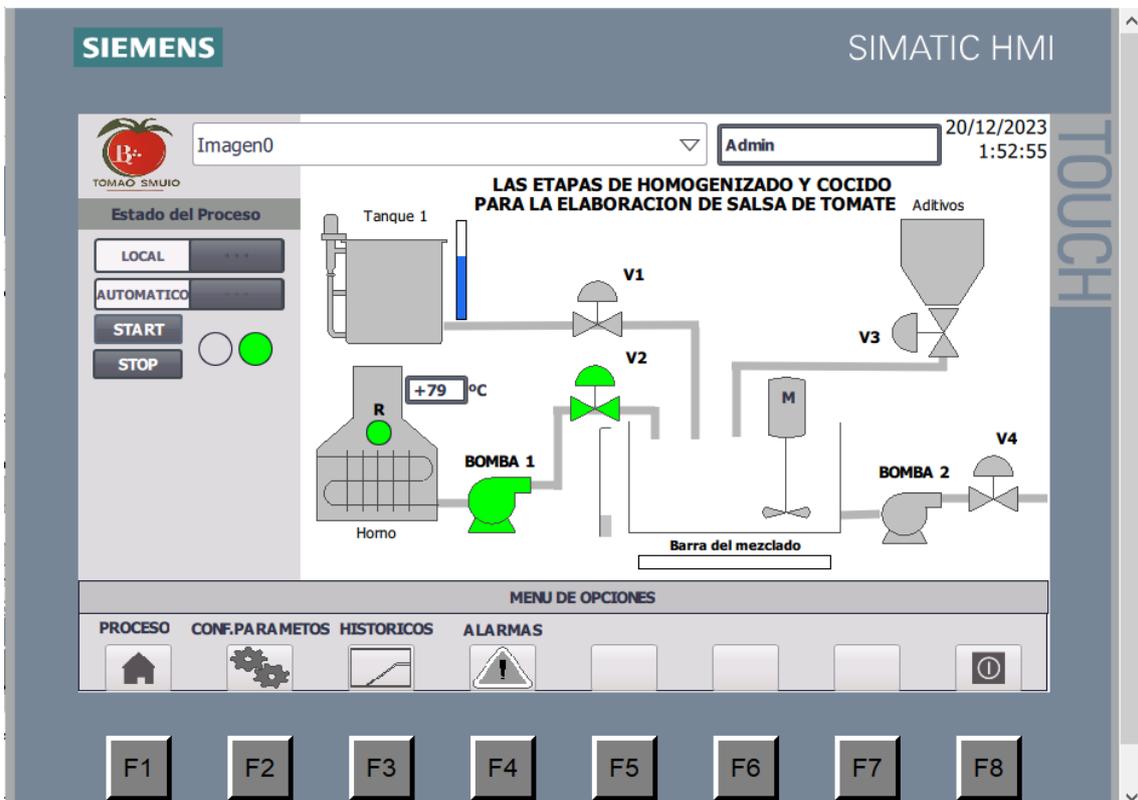


Figura 20. Simulación del proceso en modo automático fase 3.

Tabla 14. Variables prueba 6

Prueba de la simulación en estado Local Automático ejecución del proceso fase 3.		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Local	1
Interruptor Manual o Automático (Estado)	Automático	1
Inicio del proceso (Start)	Encendido	1

Parar el proceso (Stop)	Apagado	0
Temperatura del Horno (Res)	Encendido	80
Nivel tanque 1(N Tanque1)	Alto	70
Nivel tanque 2(N Tanque2)	Medio	20
Electroválvula 1 (V1)	Apagado	0
Electroválvula 2 (V2)	Encendido	1
Electroválvula 3 (V3)	Apagado	0
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Encendido	1
Bomba 2 (bomba2)	Apagado	0
Mezcladora (M)	Apagado	0

El proceso avanza, en este punto, se produce la apertura de las válvulas V3, y simultáneamente, se procede a apagar la válvula V2. Como se detalla en la Figura 21 y se refleja en los estados de las variables, tal como se observa en la Tabla 15.

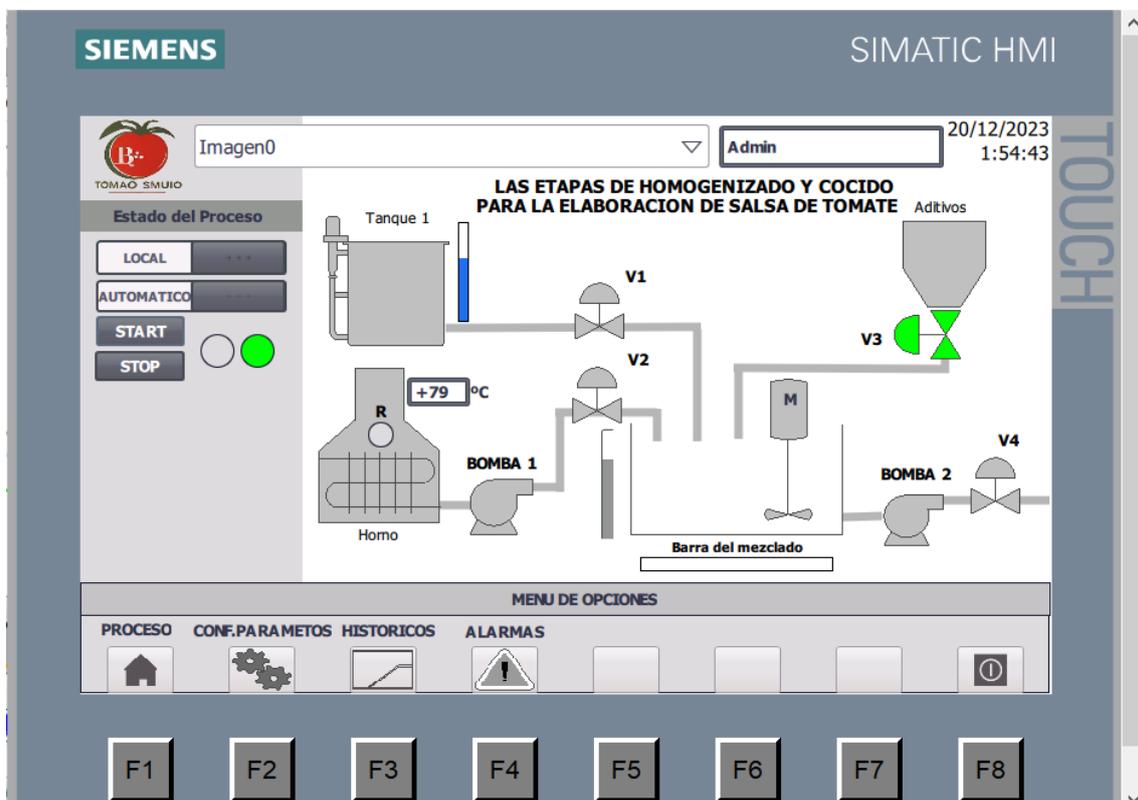


Figura 21. Simulación del proceso en modo automático fase 4.

Tabla 15. Variables prueba 7

Prueba de la simulación en estado Local Automático ejecución del proceso fase 4.		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Local	1
Interruptor Manual o Automático (Estado)	Automático	1
Inicio del proceso (Start)	Encendido	1

Parar el proceso (Stop)	Apagado	0
Temperatura del Horno (Res)	Encendido	80
Nivel tanque 1(N Tanque1)	Alto	70
Nivel tanque 2(N Tanque2)	Medio	70
Electroválvula 1 (V1)	Apagado	0
Electroválvula 2 (V2)	Apagado	0
Electroválvula 3 (V3)	Encendido	1
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Apagado	0
Bomba 2 (bomba2)	Apagado	0
Mezcladora (M)	Apagado	0

La siguiente etapa del proceso implica la activación del motor de mezclado, como se indica en la Figura 22 como en las variables descritas en la Tabla 16. La función principal de este motor es lograr la homogeneización correcta de la mezcla. Una vez iniciado, el motor trabaja para garantizar que los componentes de la salsa de tomate estén distribuidos de manera uniforme.

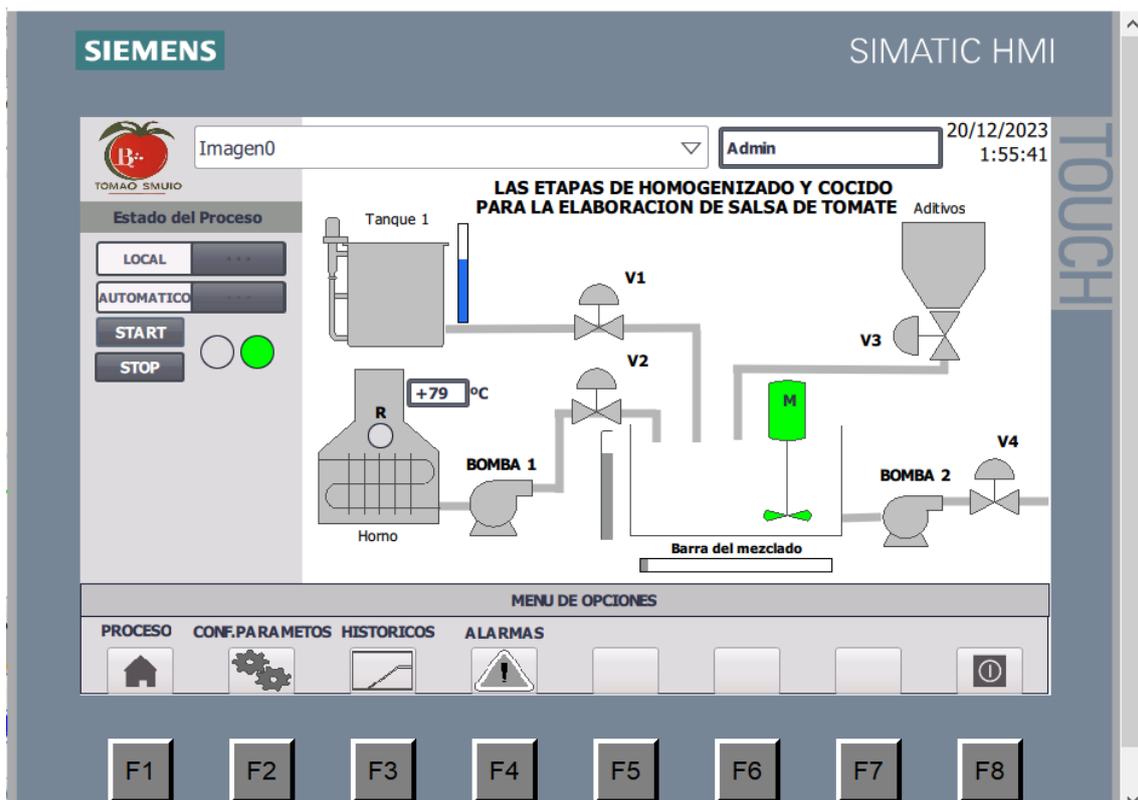


Figura 22. Simulación del proceso en modo automático fase 5.

Tabla 16. Variables prueba 8

Prueba de la simulación en estado Local Automático ejecución del proceso fase 5.		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Local	1

Interruptor Manual o Automático (Estado)	Automático	1
Inicio del proceso (Start)	Encendido	1
Parar el proceso (Stop)	Apagado	0
Temperatura del Horno (Res)	Encendido	80
Nivel tanque 1(N Tanque1)	Alto	70
Nivel tanque 2(N Tanque2)	Alto	80
Electroválvula 1 (V1)	Apagado	0
Electroválvula 2 (V2)	Apagado	0
Electroválvula 3 (V3)	Apagado	0
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Apagado	0
Bomba 2 (bomba2)	Apagado	0
Mezcladora (M)	Encendido	1

En la fase posterior, se procede a encender la bomba 2 y abrir la válvula V4, como se indica claramente en la Figura 23 y se refleja en las variables registradas en la Tabla 17. Este paso permitir el flujo del producto final hacia su destino final, ya sea para envasado o procesos subsiguientes. Una vez que el tanque alcanza su nivel mínimo, se reinicia el proceso, iniciando un ciclo continuo de producción

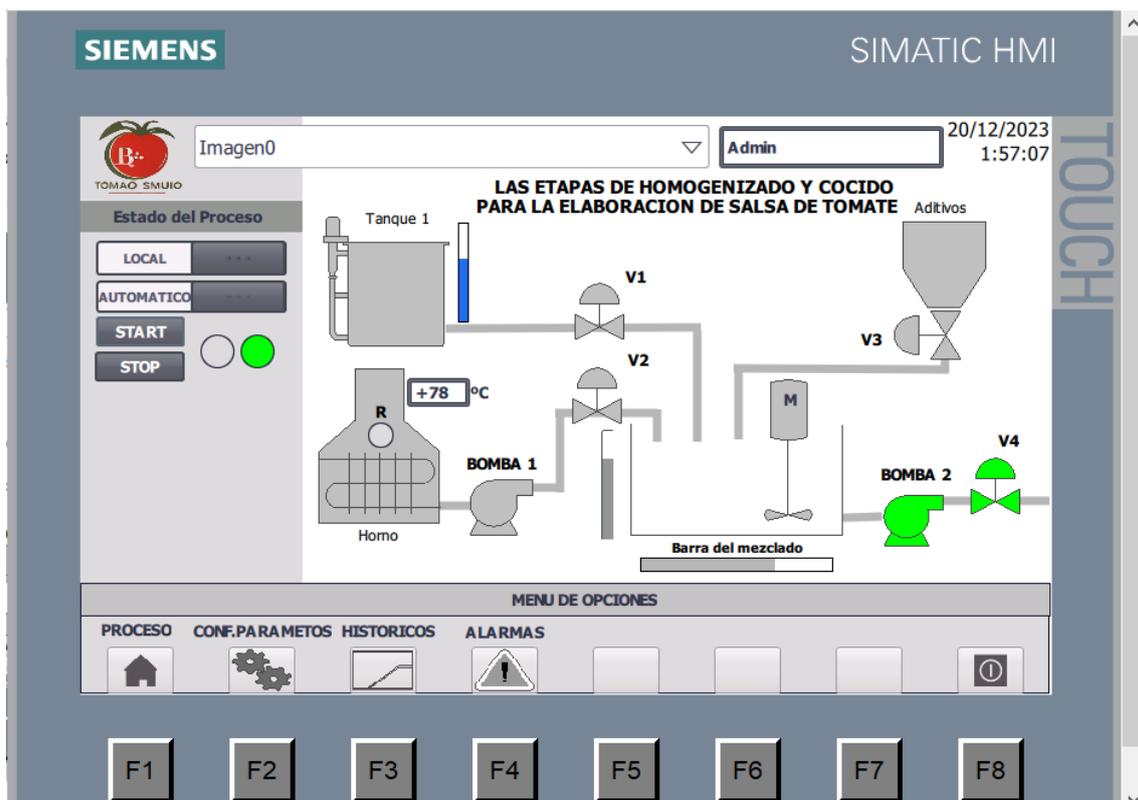


Figura 23. Simulación del proceso en modo automático fase 6.

Prueba de la simulación en estado Local Automático ejecución del proceso fase 6.		
Variable	Estado	Valor
Interruptor Local o Remoto (LR)	Local	1
Interruptor Manual o Automático (Estado)	Automático	1
Inicio del proceso (Start)	Encendido	1
Parar el proceso (Stop)	Apagado	0
Temperatura del Horno (Res)	Encendido	70
Nivel tanque 1(N_Tanque1)	Alto	60
Nivel tanque 2(N_Tanque2)	Alto	80
Electroválvula 1 (V1)	Apagado	0
Electroválvula 2 (V2)	Apagado	0
Electroválvula 3 (V3)	Apagado	0
Electroválvula 4 (V4)	Apagado	0
Bomba 1 (bomba1)	Apagado	0
Bomba 2 (bomba2)	Encendido	1
Mezcladora (M)	Apagado	0

En la pantalla de históricos (Figura 24), se muestra de manera gráfica cómo se comporta el nivel del tanque a lo largo del tiempo. Esta representación visual permite al operador realizar un seguimiento detallado del nivel del tanque durante distintos periodos,

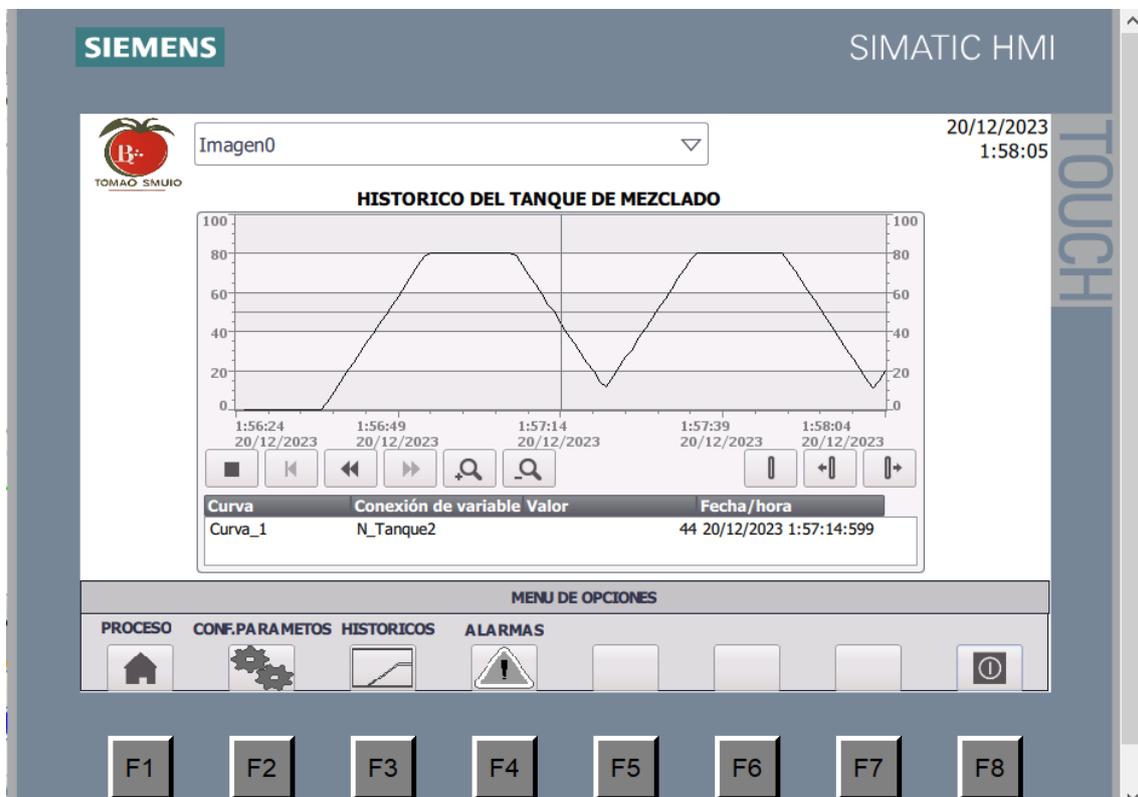


Figura 24. Simulación del histórico del tanque de mezclado

En la pantalla de alarmas, se tiene un registro claro y detallado de cómo se están comportando los diferentes actuadores y sensores del sistema. Este registro proporciona información sobre eventos críticos, como el encendido y apagado de motores y bombas, así como alertas cuando el nivel del tanque de mezcla está en un nivel bajo o alto. La visualización de estas alarmas en la Figura 25 correspondiente proporciona una herramienta valiosa para el mantenimiento y la resolución eficiente de problemas en el sistema automatizado.

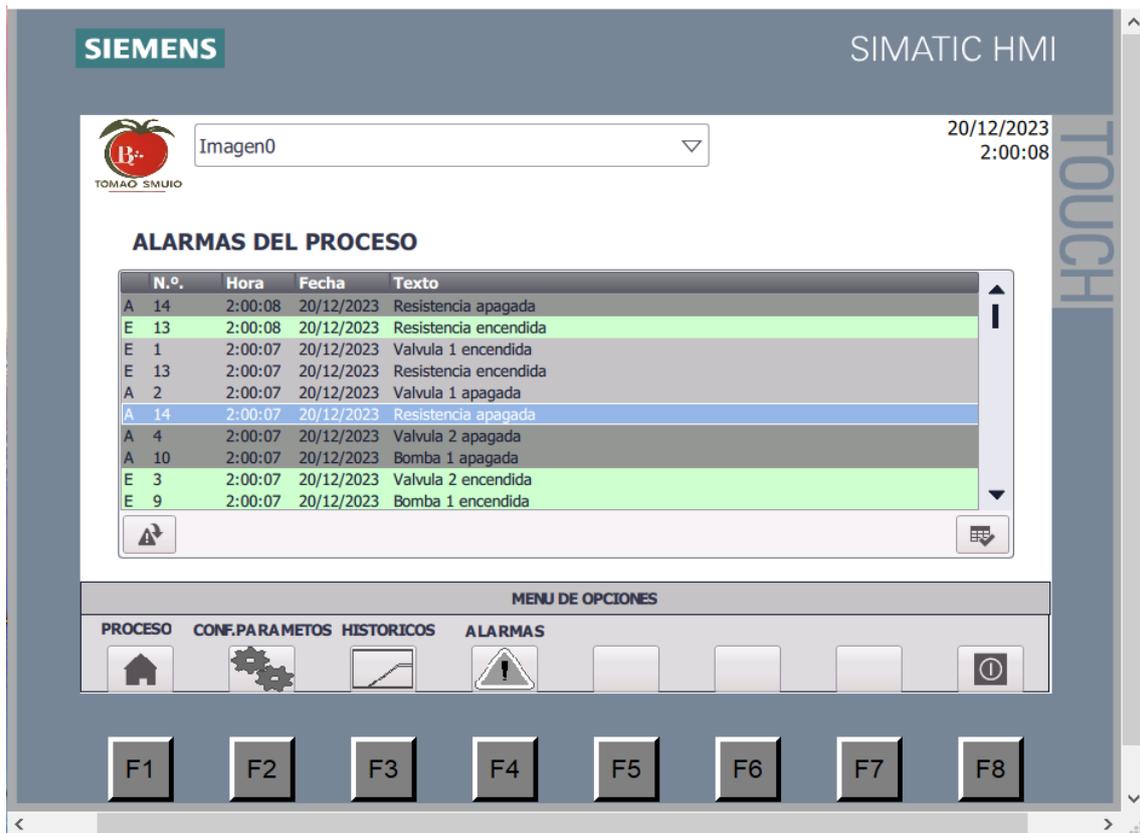


Figura 25. Simulación de las alarmas del proceso.

2.4. Resultados.

Los resultados obtenidos en todas las etapas, desde la selección de dispositivos hasta la simulación y prueba del sistema han arrojado resultados satisfactorios. El software de TIA Portal ha demostrado su eficiencia en un entorno de desarrollo integrado que facilita la programación y configuración de los dispositivos de control.

En la programación del PLC, se ha logrado implementar con éxito la lógica de control para las diferentes etapas del proceso, desde el llenado del tanque de agua hasta el vaciado del tanque de mezcla, pasando por el control de la temperatura del horno y la mezcla de los productos.

La creación de las pantallas HMI en TIA Portal ha sido igualmente logrado. Se diseñaron interfaces gráficas funcionales que ofrecen una visión detallada de las operaciones del sistema. La implementación de pantallas para el inicio de sesión, configuración de parámetros, visualización de históricos y manejo de alarmas han generado resultados confiables.

La simulación de las pantallas HMI ha permitido verificar la funcionalidad de la interfaz gráfica antes de la implementación en el PLC físico. Durante las pruebas de simulación, se ha observado un rendimiento robusto y una respuesta precisa del sistema a las diferentes condiciones de manera simulada. La interacción entre el PLC y las pantallas HMI ha sido fluida, confirmando la correcta implementación de la comunicación y la lógica de control.

2.5. Conclusiones

La conclusión de este proyecto destaca la importancia de una planificación cuidadosa, la elección adecuada de dispositivos y herramientas, y la validación a través de simulaciones antes de la implementación física.

La combinación de programación del PLC y diseño de las pantallas HMI sienta las bases para un sistema sólido y eficiente para la automatización de las etapas de homogenizado y cocido en la producción de salsa de tomate.

2.6. Recomendaciones

La integración de un sistema SCADA representaría un avance en la supervisión y el control del proceso de homogeneizado y cocido en la producción de salsa de tomate. A través del SCADA, se lograría una visualización en tiempo real de todos los parámetros críticos, ofreciendo una panorámica detallada y completa del estado operativo del sistema. Esto no solo mejoraría la capacidad de monitoreo, sino que también facilitaría la toma de decisiones informadas para optimizar el rendimiento del proceso.

En un contexto más general, se subraya la importancia de realizar cálculos reales de sobredimensionamiento en varios componentes del sistema automatizado. Esta precaución es especialmente válida para el PLC y los módulos de E/S, donde se recomienda evaluar y sobredimensionar la capacidad actual.

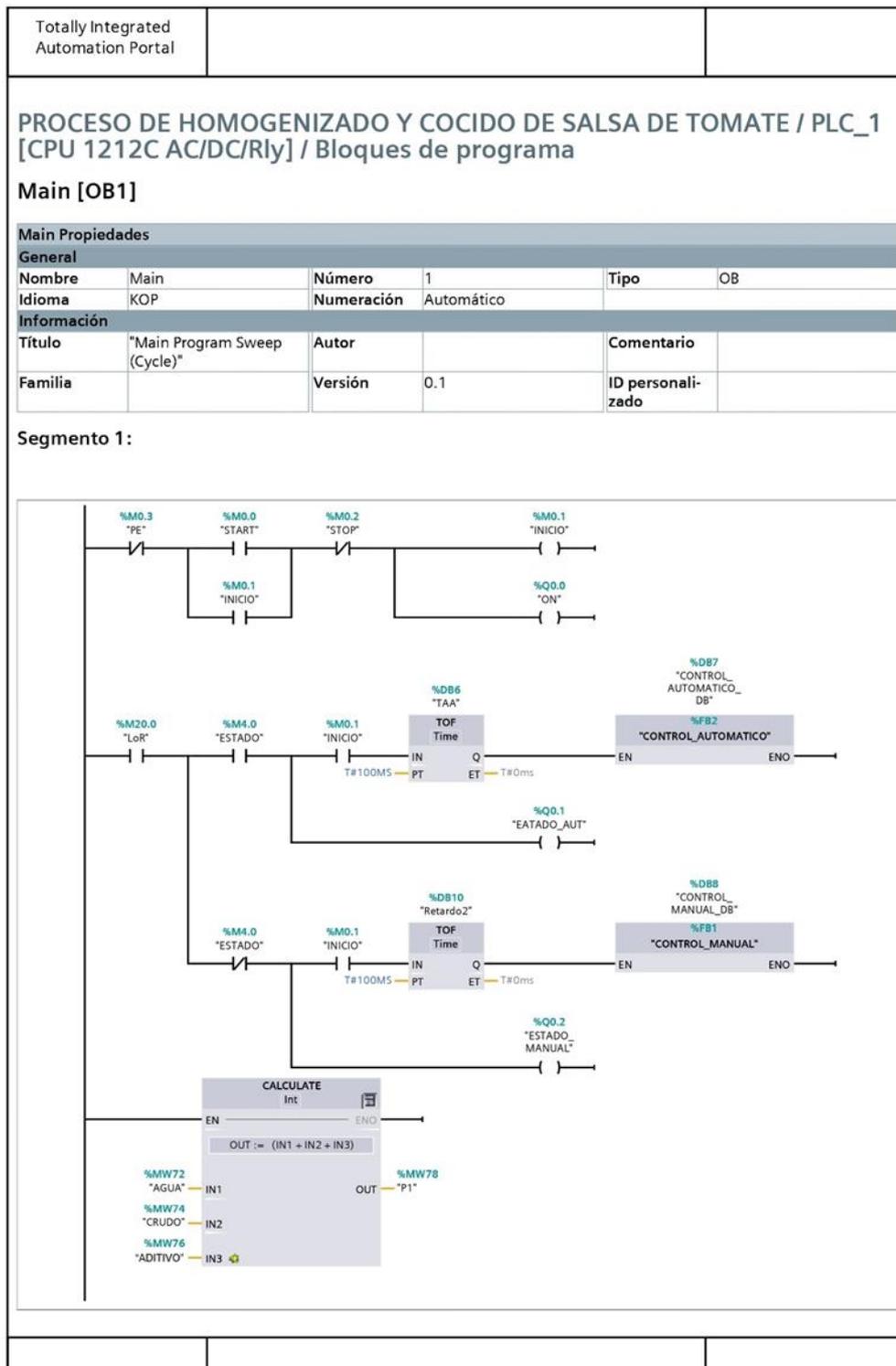
BIBLIOGRAFIA

- [1] N. Marín, «Automatización Industrial: Qué es, tipos y funcionalidades», Sothis. Accedido: 25 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sothis.tech/automatizacion-industrial/>
- [2] InboundMAS, «Automatización en la industria alimentaria ▷ Liderpac», Liderpac. Accedido: 25 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://liderpac.es/automatizacion-en-la-industria-alimentaria/>
- [3] F. R. M. Garcés, «COMUNICACIÓN OPC PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE EMBOTELLADO, ENVASADO Y ETIQUETADO DE BOTTELLAS CILÍNDRICAS EN EL LABORATORIO DE CONTROL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.».
- [4] C. Pérez, «Controladores Lógicos Programables (PLCs)».
- [5] S. M. Pineda, S. A. Betin, J. S. M. Cortes, y E. T. Orozco, «Control Automático de Producción de Salsa de Tomate», 2019.
- [6] «Ajuste su homogeneizador para mejorar la calidad de los productos a base de tomate». Accedido: 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.tetrapak.com/es-ec/insights/cases-articles/fine-tune-homogenizer-to-boost-quality-of-tomato-products>
- [7] L. G. C. Ramírez, G. S. A. Jiménez, y J. M. Carreño, *Sensores y Actuadores*. Grupo Editorial Patria, 2014.
- [8] «Todo sobre los actuadores», Revista Especificar. Accedido: 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://especificarmag.com.mx/todo-sobre-los-actuadores-html/>
- [9] S&P, «Sensor de temperatura: tipos y normativa», S&P Sistemas de Ventilación. Accedido: 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sensor-temperatura/>
- [10] S. K. Renaer, «Sensores De Humedad».
- [11] Reptil.mx, «Sensor de flujo», Industrias GSL. Accedido: 29 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/sensor-de-flujo>
- [12] C. E. C. Gonzalez y F. O. Sanchez, «PROPUESTA DE DISEÑO PARA LOS HOMOGENEIZADORES EN LAS MARMITAS DE ELABORACIÓN PARA SALSAS CON TOMATE Y FRUTAS, EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS EL TOMATICO S.A.S.», 2021.
- [13] «¿Qué es una electroválvula y para qué sirve? – Distritec». Accedido: 29 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.distritec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que-sirve/>
- [14] E. D. Bohórquez y E. A. Prado, «Implementación de la norma ISA 101, sobre las HMI, pertenecientes a los módulos de instrumentación de la Universidad ECCI», 2019.

- [15] M. D'Ambrosio, «El Tomate: Historia y procesado», Medardo D Ambrosio. Accedido: 30 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://medardodambrosio.com/2021/04/07/el-tomate-historia-y-procesado/>
- [16] «CPU 1212C». Accedido: 1 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7212-1BE40-0XB0>
- [17] «LOGO 8.3 230RCE». Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ED1052-1FB08-0BA1>
- [18] «SM 1231 analog input modules». Accedido: 7 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/?mlfb=6ES7231-4HD32-0XB0>
- [19] «SIMATIC HMI, KTP900 Basic». Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6AV2123-2JB03-0AX0>

ANEXOS

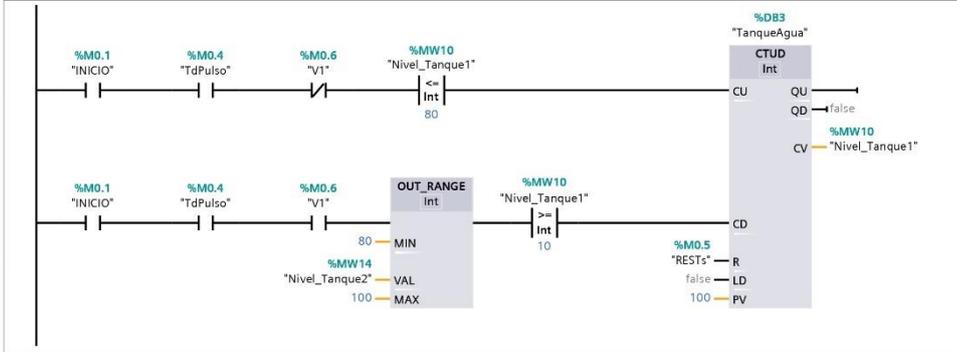
ANEXO 1: Modo de operación local-remoto y manual automático.



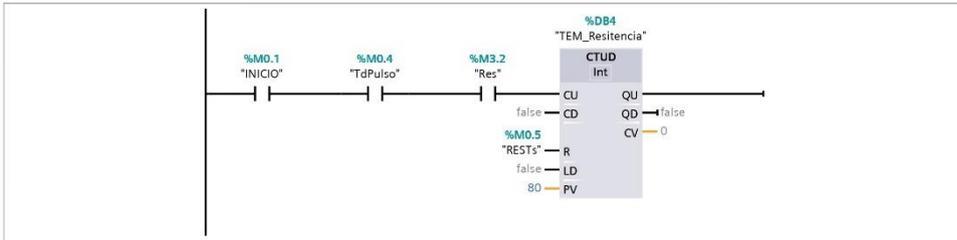
ANEXO 2: Programación bloque en Local-Manual

Totally Integrated Automation Portal					
PROCESO DE HOMOGENIZADO Y COCIDO DE SALSA DE TOMATE / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa					
CONTROL_MANUAL [FB1]					
CONTROL_MANUAL Propiedades					
General					
Nombre	CONTROL_MANUAL	Número	1	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información			Título	Autor	Comentario
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
CONTROL_MANUAL			Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
	Input				Remanencia
	Output				
	InOut				
	Static				
	Temp				
	Constant				
Segmento 1: INICIO					
Segmento 2: TREN PULSO					

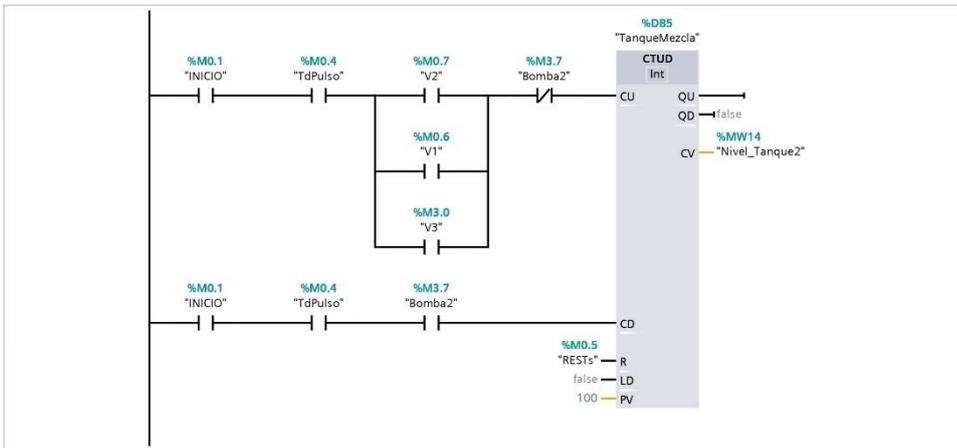
Segmento 3: Fase de llenado Tanque 1

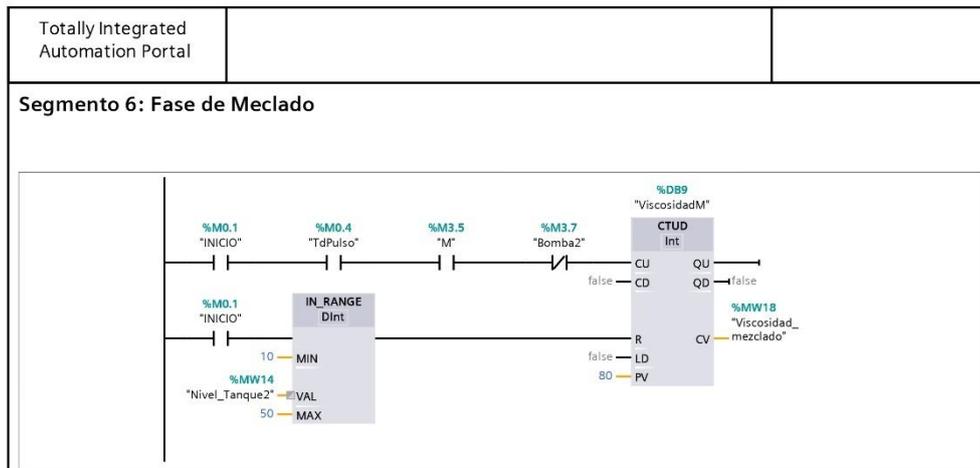


Segmento 4: Fase de Aumento del horno



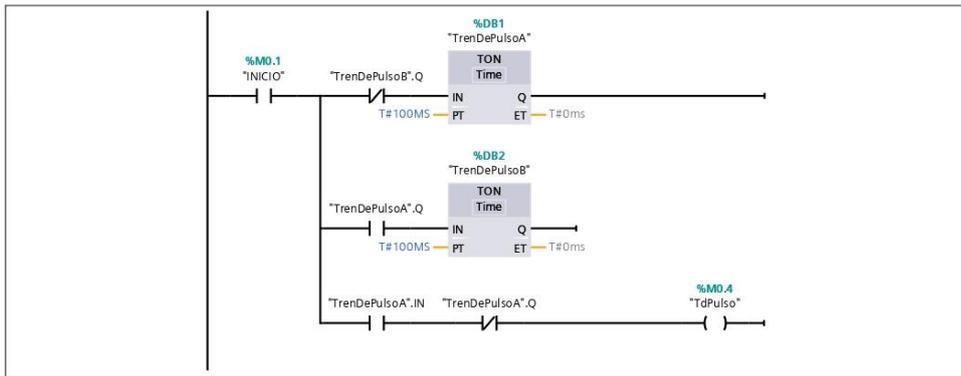
Segmento 5: Fase de llenado Taque 2



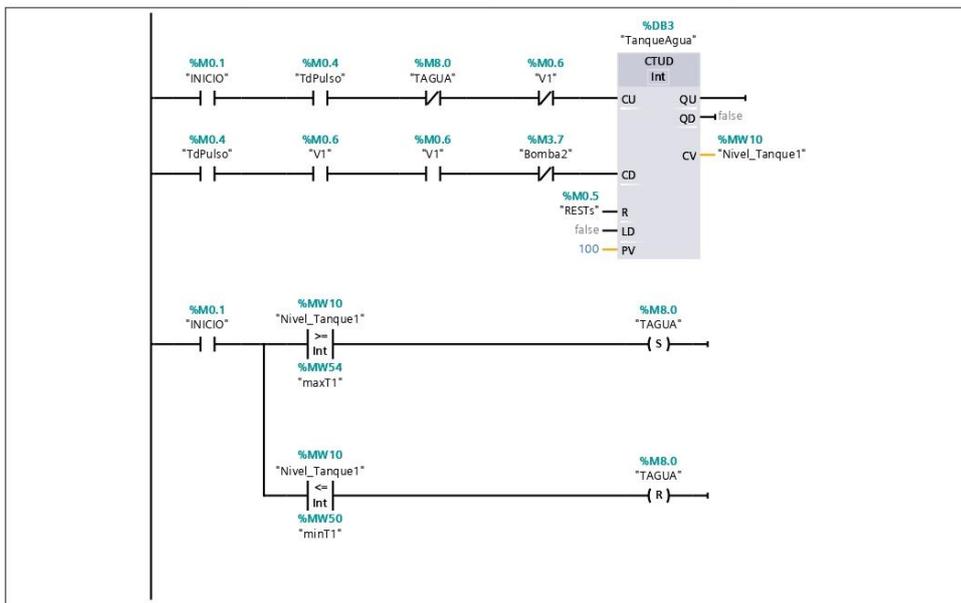


ANEXO 3: Programación del bloque en Local-Automático.

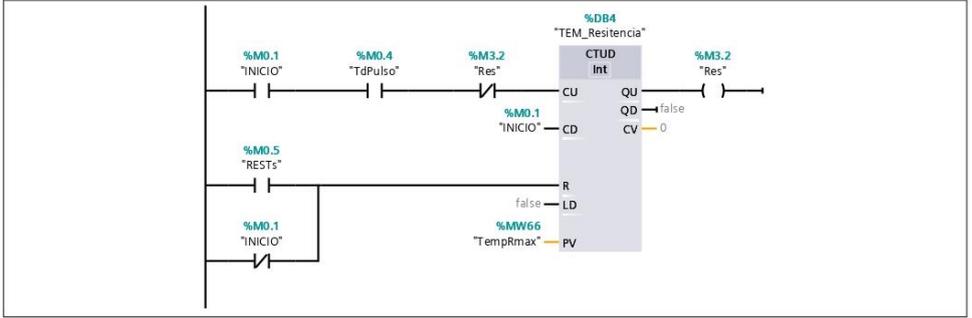
Totally Integrated Automation Portal					
PROCESO DE HOMOGENIZADO Y COCIDO DE SALSA DE TOMATE / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa CONTROL_AUTOMATICO [FB2]					
CONTROL_AUTOMATICO Propiedades					
General					
Nombre	CONTROL_AUTOMATICO	Número	2	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título			Autor		
Familia			Versión	0.1	Comentario ID personali- zado
CONTROL_AUTOMATICO					
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia		
Input					
Output					
InOut					
Static					
▼ Temp					
AyC	Int				
CyA	Int				
Constant					
Segmento 1: Inicio					
Segmento 2: Tren de pulso					



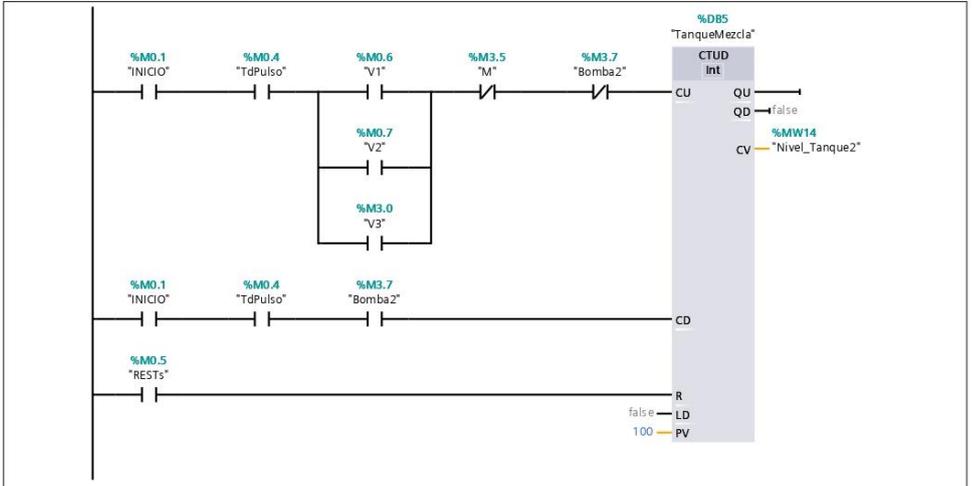
Segmento 3: Fase de llenado del Tanque 1 en modo automatica



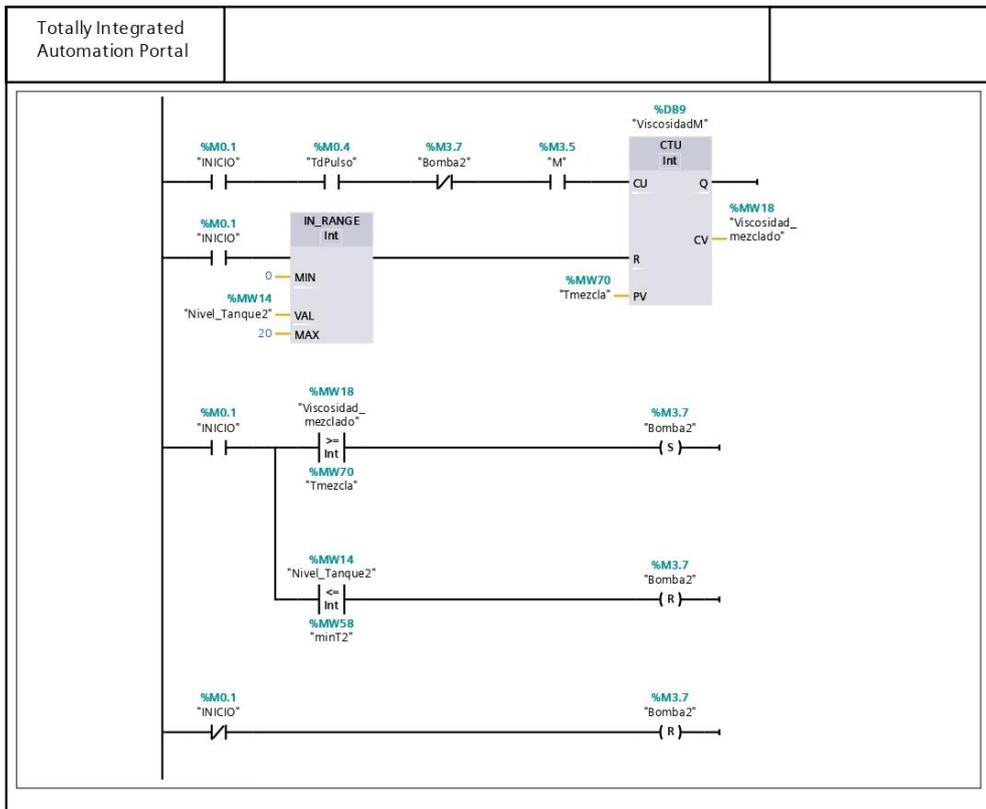
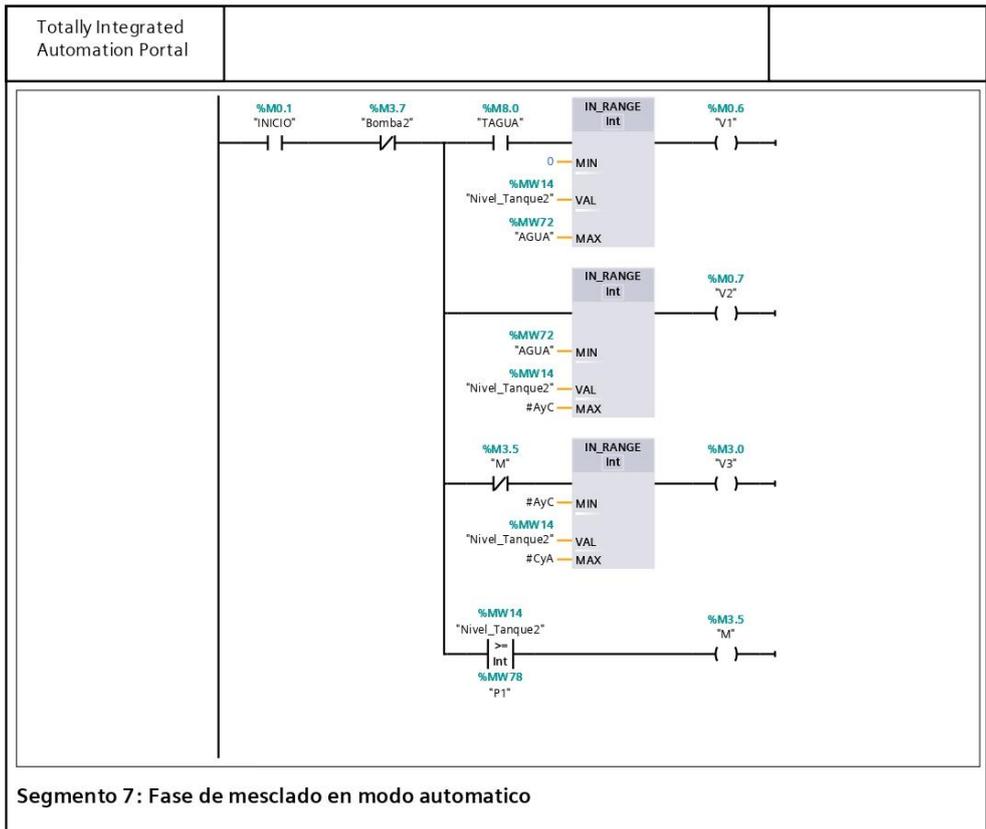
Segmento 4: Fase de temperatura del horno en modo automatico



Segmento 5: Fase de llenado del Tanque 2 en modo automatica



Segmento 6: Fase de distribucion del Tanque 2 en modo automatico



ANEXO 4: Programación de Activación de alarmas.

PROCESO DE HOMOGENIZADO Y COCIDO DE SALSA DE TOMATE / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

ALARMAS [FC1]

ALARMAS Propiedades					
General					
Nombre	ALARMAS	Número	1	Tipo	FC
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	

ALARMAS			
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
ALARMAS	Void		

Segmento 1: Alarmas en estado ON

Totally Integrated Automation Portal

Segmento 2: Alarmas en estado OFF

