

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**



TESIS

**“Diseño de un sistema de control automático para el
procesamiento de productos hidrobiológicos enlatados en una
empresa de Sechura – Piura”**

**Para optar el título profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

ELABORADA POR:

Bach. Altamirano García Jorge Raúl

Bach. Rodríguez Chambergo Manuel Isidro

ASESOR:

Mtro. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo

ORCID: 0000-0003-0272-9375

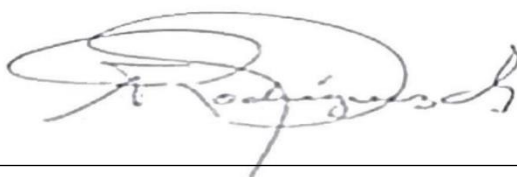
**LAMBAYEQUE – PERÚ
2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE
CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“Diseño de un sistema de control automático para el
procesamiento de productos hidrobiológicos enlatados en una
empresa de Sechura – Piura”**

**Para optar el título profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Aprobado por el siguiente jurado:



M.Sc. Ing. Rodríguez Chirinos Frank Richard
Presidente



Ing. Segura Altamirano Segundo Francisco
Secretario



Mg. Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly
Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque

LICENCIADA - RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 015 - 2023-SUNEDU / CD



0022



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 009.-2024.-D/FACFyM

Siendo las 12:00 a.m. del día Viernes 12 de enero del 2024 se reunieron los

miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

Diseño de un sistema de control automático para el procesamiento de productos hidrobiológicos enlatados en una empresa de Sechura Piura

Designados por Resolución N° 185-2023-VIRTUAL D/FACFyM de fecha 28 de febrero 2023

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Msc. Ina Frank Richard Rodríguez Chirinas Presidente

Msc. Ina Segundo Francisco Segura Altamirano Secretario

Mg. Ina Oscar Vechelly Romero Cortez Vocal

La tesis fue asesorada por (el) (la) Mtro. Ina Carlos Leonardo Oblitas Vera, nombrado por Resolución N° 185-2023-VIRTUAL D/FACFyM de fecha 28 de febrero 2023

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 1169-2023-VIRTUAL D/FACFyM de fecha 26 de diciembre de 2023

La Tesis fue presentada y sustentada por (el) (los) Bachiller (es): Rodríguez Chamberino Manuel Isidro y Altamirano García Jorge Raúl y tuvo una duración de 26 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de Diecisiete (17) en la escala vigesimal, mención BUENO.

Por lo que queda(n) apto(s) para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13:10 se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Msc. Frank Richard Rodríguez Chirinas
Presidente

Msc. Segundo Francisco Segura Altamirano
Secretario

Mg. Oscar Vechelly Romero Cortez
Vocal

Mtro. Ina Carlos Leonardo Oblitas Vera
Asesor

CERTIFICO: Que, es copia fiel del original
Fecha 1/1
Dr. Marco Antonio Martín Peralta Luján
SECRETARIO DOCENTE - FACFyM
VÁLIDO PARA TRÁMITES INTERNOS DE LA UNPRG

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Oblitas Vera Carlos Leonardo, Docente¹/Asesor de tesis²/Revisor del trabajo de investigación³, del (los) estudiante(s),
Altamirano García Jorge Raúl, y mi compañero Rodríguez Chambergó Manuel Isidro

Titulada:

Diseño de un sistema de control automático para el procesamiento de productos

hidrobiológicos enlatados en una empresa de Sechura – Piura

_____, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 9 % verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 15 de Julio del 2023



.....
OBLITAS VERA CARLOS LEONARDO
DNI: 03701836
ASESOR

DEDICATORIA

A mi madre, fuente inagotable de amor, apoyo y sacrificio. A mi padre, a mis abuelos, mis tíos y mi familia en general. Gracias por haberme enseñado el valor del esfuerzo y la importancia de perseguir los sueños.

Jorge Raul Altamirano Garcia

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Norma y Manuel, cuyo respaldo incondicional ha sido mi mayor fortaleza; sus sabios consejos han moldeado mi crecimiento personal.

A mi hermana y familia, no solo por sus palabras alentadoras, sino también por su constante compañía y apoyo a lo largo de este enriquecedor viaje académico.

Manuel Isidro Rodriguez Chamberg

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por siempre acompañarme y bendecirme en cada paso que voy, en cada lección aprendida, en cada toma de decisión.

A mis amigos y compañeros de universidad con los que compartimos grandes momentos y conocimientos, nuestro trabajo en equipo ha sido fundamental para lograr los objetivos trazados.

A todos mis docentes desde el colegio hasta la universidad, por crear en mí bases sólidas en mi formación tanto personal como profesional.

Jorge Raul Altamirano Garcia

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi soporte fundamental que me ha guiado en cada paso de mi carrera universitaria.

A mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas que, de diversas formas, han contribuido a la realización de mis objetivos, les expreso mi sincero agradecimiento. Este logro es fruto de la constancia y trabajo en equipo.

Manuel Isidro Rodriguez Chambergo

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
I. DISEÑO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Bases teóricas	2
1.2.1. Autoclave	2
1.2.2. Control automático.....	6
1.2.3. Procesamiento de productos hidrobiológicos.....	12
1.3. Operacionalización de variables.....	14
II. DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
2.1. Diseño de contrastación de hipótesis	15
2.2. Población y muestra	15
2.3. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales	15
III. RESULTADOS.....	18
3.1. Deficiencias en el control manual de los autoclaves.....	18
3.2. Diseño de la lógica de control del PLC.....	18
3.3. Diseño de la interfaz gráfica de la HMI	28

3.4. Simulación del sistema de control automático	29
3.4.1. Prueba de hermeticidad	29
3.4.2. Prueba del proceso de funcionamiento o esterilización	32
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño de contrastación de hipótesis.....	15
Figura 2 Programación de PLC – Networks 1 al 4.....	19
Figura 3 Programación de PLC – Networks 5 al 9.....	19
Figura 4 Programación de PLC – FB de alarmas y permisivos – Networks 1 al 7.....	20
Figura 5 Programación de PLC – FB de inicialización – Network 1.....	21
Figura 6 Programación de PLC – FB de hermeticidad – Network 1.....	21
Figura 7 Programación de PLC – FB de hermeticidad – Network 2.....	22
Figura 8 Programación de PLC – FB de hermeticidad – Network 3.....	22
Figura 9 Programación de PLC – FB de hermeticidad – Networks 4 y 5.....	23
Figura 10 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 1.....	24
Figura 11 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 2.....	24
Figura 12 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 3.....	25
Figura 13 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 4.....	25
Figura 14 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 4.....	26
Figura 15 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 7.....	27
Figura 16 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 8.....	27
Figura 17 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Networks 9 y 10.....	28
Figura 18 Diseño de HMI – Pantalla 1.....	28
Figura 19 Diseño de HMI – Pantalla 2.....	28
Figura 20 Diseño de HMI – Pantalla 3.....	29
Figura 21 Pantalla principal del SCADA.....	29
Figura 22 Prueba de hermeticidad – Parte 1.....	30
Figura 23 Prueba de hermeticidad – Parte 2.....	30
Figura 24 Prueba de hermeticidad – Parte 3.....	31

Figura 25 Prueba de hermeticidad – Mensaje 1	32
Figura 26 Prueba de hermeticidad – Mensaje 2.....	32
Figura 27 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 1	33
Figura 28 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 2	33
Figura 29 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 3	34
Figura 30 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 4	34
Figura 31 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 5	35
Figura 32 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 6	35
Figura 34 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 7	36
Figura 34 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 8	36
Figura 35 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 9	37
Figura 36 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 10	37
Figura 37 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 10	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Definición y operacionalización de variables	14
Tabla 2 Definición de valores de temperatura, presión y tiempo de esterilización	17
Tabla 3 Deficiencias en el control manual de autoclaves en la empresa Inversiones Prisco..	18

INFORMACIÓN GENERAL

Título

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS HIDROBIOLÓGICOS ENLATADOS EN UNA EMPRESA DE SECHURA – PIURA.

Autores

- Bach. Altamirano García Jorge Raúl
- Bach. Rodríguez Chambergo Manuel Isidro

Asesor de especialidad

- Mtro. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo

Línea de investigación

- Ingenierías y Tecnologías.

Lugar

Planta Sechura de la Empresa Inversiones Prisco S.A.C., ubicada en la Av. Víctor Temoche Nro. S/N, Sechura, Piura – Perú.

RESUMEN

Inversiones Prisco SAC, ubicada en Sechura, Piura, utiliza cuatro autoclaves para procesar productos hidrobiológicos. Sin embargo, dos de las autoclaves no están automatizadas y son controlados manualmente por operadores. El control manual se basa en la experiencia del operador y se apoya en instrumentos analógicos que miden la temperatura y la presión. Este tipo de control manual puede dar lugar a errores humanos, lo que afecta a la calidad de la producción. Si los problemas detectados persisten, la empresa puede sufrir pérdidas económicas por paradas de producción no programadas y puede ser sancionada por incumplimiento de los requisitos establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. Para resolver este problema, se ha desarrollado una lógica de control para un PLC y una interfaz gráfica para una HMI. El objetivo es diseñar un sistema de control automático para supervisar y controlar la temperatura, la presión y el tiempo de esterilización en la autoclave. Los resultados de la simulación muestran que el sistema propuesto puede realizar pruebas de hermeticidad y generar notificaciones en la HMI indicando al operador si la prueba se ha realizado correctamente o si se ha producido algún problema. Además, es posible controlar la temperatura y la presión de las seis etapas correspondientes del proceso de esterilización en autoclave y ajustar el tiempo de exposición del producto al proceso de esterilización.

Palabras clave: Control automático, autoclave, temperatura, presión, tiempo de esterilización.

ABSTRACT

Inversiones Prisco SAC, located in Sechura, Piura, uses four autoclaves to process hydrobiological products. However, two of the autoclaves are not automated and are manually controlled by operators. Manual control is based on the operator's experience and relies on analog instruments that measure temperature and pressure. This type of manual control can lead to human error, which affects production quality. If the problems detected persist, the company can suffer economic losses due to unscheduled production stoppages and can be sanctioned for non-compliance with the requirements established by the National Fishery Health Agency. To solve this problem, a control logic for a PLC and a graphical interface for an HMI have been developed. The objective is to design an automatic control system to monitor and control the temperature, pressure and sterilization time in the autoclave. Simulation results show that the proposed system can perform tightness tests and generate notifications on the HMI indicating to the operator if the test has been performed correctly or if a problem has occurred. In addition, it is possible to control the temperature and pressure of the six corresponding stages of the autoclave sterilization process and adjust the exposure time of the product to the sterilization process.

Keywords: Automatic control, autoclave, temperature, pressure, sterilization time.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2020), la diversidad biológica submarina del litoral peruano es muy variada, con aproximadamente 750 especies de peces, 872 de moluscos, 412 de crustáceos, 45 de equinodermos, 240 de algas, además de crustáceos, cetáceos y mamíferos, de los cuales sólo una pequeña parte se explota comercialmente.

Por su parte, el Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Riego (2018) señala que la importancia económica de los recursos hidrobiológicos para la alimentación de la población humana es muy significativa debido al gran consumo de productos acuáticos (aproximadamente 8.000 toneladas al año). Por ejemplo, en Iquitos, la población consume casi 14.000 toneladas de pescado al año, y sólo unas 500 toneladas de carne de vacuno.

El Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2020) afirma que el procesamiento es una etapa de la actividad pesquera que convierte los recursos biológicos acuáticos en productos transformados y/o conservados. La FAO (2021) indica que el procesamiento puede clasificarse como artesanal o industrial. Si se hace principalmente a mano, con equipos y técnicas sencillas, es artesanal. Si se lleva a cabo con técnicas, procesos y operaciones que requieren maquinaria y equipos, independientemente del tipo de tecnología utilizada, es industrial.

Por otro lado, Collins Amador (2021) señala que las autoclaves se utilizan tanto para la pasteurización como para la esterilización comercial de envases, especialmente los de vidrio y metal, para eliminar los microorganismos con fines de conservación. Para lograr este objetivo, el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2020) indica que las autoclaves deben contar con equipos de registro y control, y que se prohíbe su funcionamiento sin termógrafos o con defectos de los mismos. Por su parte, Sáenz Casallas (2017) menciona que el tratamiento térmico en la autoclave debe empezar lo antes posible después de sellar los envases a 121°C

durante 15-20 minutos para evitar el crecimiento microbiano y las variaciones en la transferencia de calor del producto.

En la ciudad de Sechura, Inversiones Prisco SAC produce y exporta productos congelados como conchas de abanico, langostinos, calamares y pericos. La planta cuenta con cuatro autoclaves para el proceso de esterilización, dos de los cuales no están automatizadas. El procesamiento de los productos se realiza de forma industrial. (Inversiones Prisco SAC, 2022). En las autoclaves no automatizadas, el control es manual, es decir, se basa en la experiencia del operario guiado por instrumentos analógicos de medición temperatura y presión. Sin embargo, este tipo de control es susceptible de errores humanos, lo que perjudica la calidad de la producción.

Si el problema identificado persiste, Inversiones Prisco SAC se enfrenta a dos graves consecuencias. La primera son las pérdidas económicas debido a las paradas no programadas. La segunda son las sanciones por no cumplir con lo establecido en el “Protocolo para la clasificación de plantas de procesamiento en el marco de la fiscalización sanitaria” establecido por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2020).

El protocolo en cuestión exige que se seleccionen y evalúen internamente las líneas de proceso en las que se procesan productos hidrobiológicos de alto riesgo y que los operadores apliquen un tratamiento térmico suficiente para lograr la esterilidad comercial. Por esta razón, en cada autoclave se debe controlar la temperatura del vapor con una variación máxima de 0.5°C o 1°F. Además, la autoclave debe tener un manómetro que indique adecuadamente las condiciones de presión en su interior. El Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2020) indica que la presión de trabajo segura de la autoclave debe ser de aproximadamente dos tercios de la escala completa y el control de vapores debe combinarse con un termoregistro, que, a la vez, funcione como registrador de temperatura y regulador de vapor.

El incumplimiento de la norma sanitaria establecida en el protocolo del procesamiento de productos hidrobiológicos, se considera una falta muy grave. Si se comprueba que el operario no mantiene las condiciones de esterilización establecidas en el protocolo, pueden adoptarse obligaciones de cumplimiento u otras sanciones administrativas, en función de la importancia y los riesgos existentes.

Para evitar errores humanos y cumplir con los estándares sanitarios, es crucial que la empresa Inversiones Prisco SAC implemente un sistema de control automático en sus procesos de esterilización de productos hidrobiológicos enlatados para supervisar y controlar de manera precisa la temperatura, la presión y el tiempo de esterilización en las autoclaves.

Al tener un sistema de control automático, se minimiza la posibilidad de errores humanos en la operación de las autoclaves, lo que a su vez garantiza la calidad y seguridad de los productos procesados. Además, cumplir con los requisitos sanitarios establecidos por las autoridades correspondientes ayuda a evitar posibles sanciones y protege la reputación de la empresa.

Tras conocer la realidad problemática, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se puede diseñar un sistema de control automático para el procesamiento de productos hidrobiológicos enlatados en la empresa Inversiones Prisco SAC? Como hipótesis se estableció que diseñando la lógica de control para un PLC y la interfaz gráfica para una HMI es posible obtener un sistema de control automático para el procesamiento de productos hidrobiológicos enlatados en la empresa Inversiones Prisco SAC.

El objetivo general de la investigación fue diseñar un sistema de control automático para el procesamiento de productos hidrobiológicos enlatados en la empresa Inversiones Prisco SAC. Los objetivos específicos planteados fueron los siguientes: i) Describir cómo los operarios controlan las autoclaves encargadas de procesar los productos hidrobiológicos para determinar sus deficiencias; ii) Diseñar la lógica de control del PLC para la adquisición y el

procesamiento de las señales de temperatura y presión de la autoclave; iii) Diseñar la interfaz gráfica de la HMI para monitorear y controlar la (temperatura, la presión y tiempo de esterilización de la autoclave; y iv) Simular el sistema de control automático mediante software para comprobar su correcta operación.

I. DISEÑO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

A nivel internacional, Collins Amador (2021) propuso un sistema de control automático de temperatura para autoclaves en los sectores alimentario y médico. El sistema diseñado consta de un PLC, una HMI y un sensor de temperatura Pt-100. En los experimentos realizados, se calentó agua en un recipiente y se utilizó el algoritmo de control PID del PLC para mantener la temperatura dentro de un rango establecido, ya sea 121°C o 134°C, dependiendo de las necesidades específicas del proceso.

Asimismo, Trapsilo Rochim (2021) desarrolló un sistema de control de temperatura para autoclaves. El sistema está compuesto por un PLC, una HMI, un sensor termopar y una aplicación móvil. El objetivo del prototipo era mantener una temperatura estable de 121°C en el proceso de esterilización. Además, el sistema fue capaz de transmitir de manera correcta los resultados de la monitorización y generar una notificación en la aplicación Android cuando se superaba la temperatura establecida, lo cual activaba el cierre de la válvula de vapor.

Por su parte, Sáenz Casallas (2017) realizó la automatización de una autoclave en el área de esterilización del Hospital Naval de Esmeraldas. El sistema propuesto consistió en la utilización de un PLC, una HMI y sensores de temperatura y presión. Los resultados obtenidos mostraron que mediante el uso de un control ON/OFF con histéresis, fue posible controlar la temperatura y la presión dentro de la autoclave. Esta estrategia de control contribuyó al proceso de esterilización al permitir mantener tiempos de espera adecuados al activar y desactivar las válvulas de vapor de manera óptima.

A nivel nacional, Huamani Condori (2021) desarrolló un sistema de control automático para una autoclave que tenía su microcontrolador principal averiado y fuera de funcionamiento. El investigador propuso reemplazar el microcontrolador por un PLC y adoptar un control ON/OFF, además de agregar una HMI para visualizar las variables del proceso. Los resultados

obtenidos demostraron que el control ON/OFF fue satisfactorio, alcanzando los valores de temperatura óptimos para cada proceso (121°C y 134°C) con un margen de error de $\pm 3^{\circ}\text{C}$. El sistema también optimizó el tiempo del proceso y aumentó el número de cargas de esterilización por día.

Por su parte, Naveros Mendoza (2019) desarrolló un sistema de control automático para el proceso de esterilización por vapor en Asepsis Perú. El componente principal del sistema propuesto fue un PLC configurado utilizando el software TIA PORTAL de Siemens. Los resultados obtenidos demostraron que el diseño del algoritmo de control contribuyó a reducir los fallos causados por el control lógico de los relés. Además, se logró ajustar los parámetros de esterilización para garantizar el correcto funcionamiento del programa preestablecido para el proceso de esterilización.

Finalmente, Huamán Chávez (2019) implementó un sistema de control automático para un esterilizador de vapor utilizado en la esterilización de instrumentos médicos en H. W. Kessel. El sistema propuesto se basó en el uso de un controlador Arduino Mega 2560 y una pantalla HMI de 5" que muestra las variables clave del proceso, como la presión, la temperatura y el tiempo de esterilización. Los resultados obtenidos demostraron que el sistema permitió la esterilización efectiva de los materiales a temperaturas de 121°C o 134°C, garantizando la calidad del equipo y la eficacia del proceso de esterilización.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Autoclave

Las autoclaves son aparatos utilizados en diversas industrias y campos científicos para esterilizar, descontaminar y cocinar en condiciones controladas de temperatura, presión y tiempo. Las autoclaves constan de una cámara sellada y pueden manipular objetos, materiales y sustancias a alta presión y alta temperatura (Flores Castañeda, 2023).

Las autoclaves utilizan vapor saturado o aire caliente como medio de esterilización para destruir microorganismos patógenos, esporas bacterianas, virus y otros contaminantes, lo que lo convierte en una herramienta importante en entornos médicos, farmacéuticos, de laboratorio y de la industria alimentaria (Silva Pereira, 2020).

Las autoclaves se componen generalmente de los siguientes elementos principales (Silva Angulo, 2019):

- **Cámara de esterilización:** Compartimento en el que se coloca el objeto, material o sustancia que se va a esterilizar. Está fabricado con materiales resistentes a altas presiones y temperaturas, como acero inoxidable y aleaciones especiales.
- **Sistema de generación de vapor:** Las autoclaves de vapor necesitan un sistema de generación de vapor a alta presión. Puede ser una caldera externa o un generador de vapor integrado.
- **Sistema de control:** Las autoclaves están equipados con sistemas de control para regular la temperatura, la presión y el tiempo de esterilización. Pueden utilizarse controladores electrónicos, termostatos, manómetros y otros dispositivos para supervisar y ajustar los parámetros del proceso.
- **Válvulas de seguridad:** Estas válvulas se instalan en el autoclave para aliviar la presión excesiva y evitar daños en el equipo. Son un elemento de seguridad importante para garantizar la integridad del autoclave y proteger al operador.

En el funcionamiento de una autoclave, se calienta la cámara, se introduce vapor o aire caliente para aumentar la presión y ésta se mantiene durante un cierto tiempo. Una vez finalizado el ciclo, la autoclave se deja enfriar gradualmente antes de abrir la cámara y retirar el material tratado (Silva Pereira, 2020).

Existen diferentes tipos de autoclaves que se utilizan en diversas aplicaciones, cada una adaptada a las necesidades específicas del proceso. Algunos de los tipos más comunes son (Mariño Tabraj y Reyes Gil, 2022):

- **Autoclaves de vapor:** Estas autoclaves emplean vapor saturado para la esterilización de materiales o sustancias. El vapor se genera en una caldera externa y se introduce en la cámara de esterilización, donde se controlan la presión y la temperatura para lograr una descontaminación adecuada. Se utilizan mucho en entornos médicos, laboratorios y la industria farmacéutica.
- **Autoclaves de aire caliente:** Este tipo de autoclave utiliza aire caliente como medio para la esterilización de materiales o sustancias. La temperatura y la circulación del aire se controlan para garantizar una distribución uniforme del calor y alcanzar el nivel de esterilización deseado. Se suelen utilizar en aplicaciones alimentarias como el envasado y la esterilización de alimentos enlatados.
- **Autoclaves químicas:** Estas autoclaves se utilizan en procesos en los que intervienen productos químicos como ácidos y disolventes. Son resistentes a la corrosión y se controlan parámetros específicos relacionados con la reacción química en curso. Se utilizan en las industrias química y de investigación, donde se requiere un alto nivel de seguridad y control del proceso.
- **Autoclaves de prensa:** Estas autoclaves se utilizan para producir materiales compuestos, como fibras de carbono y polímeros reforzados. Se aplica calor y presión para endurecer el material y conseguir una resistencia y durabilidad óptimas. Se utilizan ampliamente en las industrias aeroespacial, automovilística y de la construcción.

El funcionamiento de una autoclave se basa en los siguientes principios (Llapapasca Guerrero, 2023; Flores Castañeda, 2023):

- **Transferencia de calor y masa:** La esterilización y la cocción en autoclaves se basan en la transferencia de calor y masa. El calor se transfiere al objeto o material por convección o conducción, matando los microorganismos o elevando la temperatura a un nivel en el que pueda tener lugar la cocción deseada. Además, la transferencia de masa permite que el vapor y el aire caliente penetren en el espacio interno del objeto, lo que da lugar a una descontaminación completa.
- **Ciclo de calentamiento y enfriamiento:** Las autoclaves siguen un ciclo predeterminado de calentamiento y enfriamiento. Durante la fase de calentamiento, se aplica calor a la cámara de esterilización, aumentando la temperatura y la presión. Una vez alcanzados los parámetros deseados, éstos se mantienen durante un tiempo determinado para garantizar una esterilización o cocción eficaz. A continuación, durante la fase de enfriamiento, la autoclave puede reducir gradualmente la temperatura antes de abrir la cámara y retirar el material tratado.
- **Generación de presión:** La generación de presión es esencial en las autoclaves de vapor. El vapor se genera en una caldera externa y se introduce en la cámara de esterilización, aumentando la presión interna. El control de la presión es fundamental para asegurar la eficacia del proceso de esterilización y prevenir daños en el equipo. Se utilizan válvulas de seguridad para liberar el exceso de presión y mantener niveles seguros.
- **Control de temperatura:** El control de la temperatura es otro principio básico del funcionamiento de las autoclaves. Se utilizan sensores de temperatura para controlar de forma continua la temperatura en la cámara de esterilización. El sistema de control regula automáticamente la entrada de calor o la liberación de vapor para

garantizar que la temperatura se mantenga en el rango deseado durante todo el proceso. De este modo se asegura que los objetos y materiales estén expuestos a las condiciones térmicas adecuadas y se produzca la esterilización o cocción requerida.

- **Control de tiempo:** El tiempo de exposición a las condiciones de esterilización es un parámetro importante en el funcionamiento de una autoclave. Dependiendo la naturaleza del objeto, material o sustancia que se va a esterilizar, se necesita un tiempo específico para garantizar la eliminación de microorganismos o la cocción completa. El control del tiempo garantiza que el proceso se mantenga durante el tiempo adecuado para garantizar unos resultados seguros y eficaces.

En conclusión, el funcionamiento de una autoclave se basa en la transferencia de calor y masa, los ciclos de calentamiento y enfriamiento, la generación y control de presión, el control de temperatura y el control de tiempo. Estos principios permiten esterilizar, descontaminar y la cocción de objetos, materiales y sustancias de forma controlada y segura, cumpliendo los requerimientos de cada aplicación (Flores Castañeda, 2023).

1.2.2. Control automático

El control automático es el proceso de supervisar y ajustar automáticamente las variables de un sistema o proceso para mantenerlas dentro de un rango deseado. Consiste en el uso de dispositivos (electrónicos, mecánicos, eléctricos, neumáticos, etc.), algoritmos y sistemas de realimentación para regular y mantener el comportamiento deseado del sistema sin la participación constante de un operador humano (Díaz Carbó, 2021).

El objetivo principal del control automático es optimizar el rendimiento, la eficiencia y la estabilidad del sistema garantizando el mantenimiento de los valores deseados de las variables controladas a pesar de las perturbaciones y los cambios en las condiciones ambientales (Huamani Condori, 2021).

El control automático supervisa constantemente el estado del sistema mediante sensores que adquieren información sobre las variables del sistema. Esta información se procesa y se compara con los valores de referencia establecidos. A partir de esta comparación, se generan señales de control que se envían a los actuadores (Pulley Muñoz y Flores Hera, 2019).

El control automático desempeña un papel fundamental en muchas áreas de la ciencia, la ingeniería y la industria debido a que emplea dispositivos para controlar automáticamente variables y procesos y mantenerlos dentro de los límites deseados sin intervención humana constante. El control automático es esencial para una amplia gama de aplicaciones y su importancia radica en los siguientes aspectos (Huamani Condori, 2021; Rubio Ponce, 2020):

- **Mejora de la precisión y la eficiencia:** El control automático permite mantener la variable objetivo en el valor deseado de forma precisa y constante. La supervisión continua y el ajuste automático de los parámetros reducen la variación e incrementan la eficacia del proceso. Así se mejora la calidad del producto, se minimizan los errores humanos y se optimiza el uso de los recursos.
- **Optimización de la seguridad:** Los sistemas de control automático garantizan que las variables críticas se mantengan dentro de rangos seguros y se eviten situaciones peligrosas. Los algoritmos de control pueden detectar condiciones anómalas y reaccionar rápidamente para activar mecanismos de seguridad y evitar posibles accidentes.
- **Adaptación a perturbaciones y cambios:** Los sistemas de control automático pueden adaptarse a las perturbaciones y cambios en las condiciones de trabajo. Los parámetros de control pueden ajustarse automáticamente para compensar las fluctuaciones de las variables controladas y mantener el equilibrio del sistema. Esto es fundamental en entornos dinámicos en los que las condiciones cambian con el tiempo.

- **Reducción de la carga de trabajo humana:** Al automatizar las tareas de control, los controles automatizados liberan a los operarios de la tarea de supervisar y ajustar constantemente las variables. Esto permite a los técnicos concentrarse en tareas más complejas y estratégicas, mientras confían en sistemas automatizados fiables para las operaciones cotidianas.
- **Aplicación en sistemas complejos:** El control automático es esencial en sistemas complejos como procesos industriales, sistemas de transporte, infraestructuras y redes eléctricas para garantizar su estabilidad y funcionamiento eficaz. Estos sistemas tienen múltiples variables interrelacionadas y necesitan una acción de control coordinada y rápida.
- **Avances en tecnología:** Los avances constantes en la tecnología de sensores, actuadores y algoritmos de control han generado grandes avances en el control automático. Los sistemas modernos pueden utilizar tecnologías avanzadas como el control predictivo, el control adaptativo y el aprendizaje automático para mejorar aún más el rendimiento y la eficiencia de los procesos. Esto crea posibilidades y oportunidades para una amplia gama de aplicaciones.

Un sistema de control automático consta de varios elementos básicos que funcionan conjuntamente para regular las variables del sistema y mantenerlas dentro de los límites requeridos. A continuación, se describen los elementos más importantes de un sistema de control automático (Enríquez Villaroel y Sánchez Sánchez, 2022; Pulley Muñoz y Flores Hera, 2019):

- **Proceso o planta:** Sistema físico o proceso que debe controlarse. Puede ser un sistema mecánico, eléctrico, químico, térmico u otro sistema físico que deba controlarse.

- **Sensor o transductor:** Un sensor se encarga de medir una magnitud física o variable de interés en un proceso y convertirla en una señal eléctrica o electrónica. Los sensores proporcionan información en tiempo real sobre el estado del sistema y la transmiten al controlador.
- **Controlador:** Elemento central de un sistema de control automático; pueden utilizarse distintos tipos de controladores en función del tipo de sistema y los requisitos de control, como PLC (controlador lógico programable) y controladores PID (proporcional, integral y derivativo).
- **Actuador:** Este elemento convierte las señales eléctricas o electrónicas generadas por el controlador en acciones físicas que afectan al proceso o al sistema. Puede ser un motor, una válvula, una resistencia eléctrica, un servomotor u otro dispositivo que modifique el sistema físico.
- **Retroalimentación:** Mecanismo que proporciona información sobre el estado actual del sistema de control. La retroalimentación la proporcionan sensores adicionales que miden la salida del proceso que se está controlando o variables relacionadas con la salida. Esta información se compara con un valor deseado y se utiliza para ajustar y corregir el controlador.
- **Sistema de control:** Es el conjunto de componentes que integran el controlador, los sensores, los actuadores y otros dispositivos necesarios para llevar a cabo el control automático. Los sistemas de control se implementan en hardware, software o una combinación de ambos, en función de la complejidad y las características del proceso.
- **Interfaz de usuario:** Parte del sistema de control que permite la interacción con el operador o usuario. Esto incluye paneles de control, pantallas táctiles, software de

supervisión y control, alarmas, indicadores visuales y sonoros y otros dispositivos que facilitan la supervisión y configuración del sistema.

Juntos, estos elementos forman un sistema de control automático que puede establecer y mantener las variables del proceso en los valores deseados. La información proporcionada por los sensores es utilizada por el sistema de control para tomar decisiones, que se traducen en acciones de los actuadores. La retroalimentación permite al sistema de control realizar continuamente correcciones y ajustes para alcanzar los objetivos de control definidos (Almache Allaica, 2019).

Los controles automáticos en autoclaves se utilizan para ajustar y mantener las variables críticas del proceso dentro de los límites deseados y garantizar una esterilización eficiente y segura. A continuación, se presentan algunos ejemplos de cómo los controles automáticos pueden ser utilizados en autoclaves (Enríquez Villaroel y Sánchez Sánchez, 2022; Almache Allaica, 2019):

- **Control de temperatura:** El control de la temperatura es esencial en las autoclaves para alcanzar y mantener una temperatura adecuada para la esterilización. Para ello, se utilizan sensores de temperatura que controlan constantemente la temperatura en la cámara de esterilización. Estos datos se envían al controlador, que compara la temperatura medida con un valor de referencia. A continuación, el controlador ajusta la entrada de calor o la salida de vapor para mantener la temperatura dentro del intervalo deseado. Para ello se utiliza un algoritmo de control, como el control PID, que calcula y ajusta la salida de control en función de la diferencia entre la temperatura medida y la temperatura de referencia.
- **Control de presión:** El control de la presión es otro aspecto importante de la esterilización en una autoclave. Un control y mantenimiento adecuados de la presión son esenciales para una esterilización eficaz y segura. Se utilizan sensores

de presión para medir la presión en la cámara de esterilización y transmitir esta información al controlador. El controlador compara la presión medida con una presión de referencia preestablecida y ajusta el suministro de vapor o la despresurización para mantener la presión dentro del intervalo deseado; aquí también se utilizan algoritmos de control como el control PID para ajustar la salida del controlador y compensar los errores de presión.

- **Control de tiempo:** El control del tiempo es importante para determinar la duración total del ciclo de esterilización. El tiempo de exposición a las condiciones de esterilización es fundamental para la eliminación completa de los microorganismos. Las autoclaves están equipadas con un temporizador para controlar el tiempo de esterilización y, una vez que se alcanzan la temperatura y la presión deseadas, el controlador enciende el temporizador y controla el tiempo transcurrido. Una vez transcurrido el tiempo de esterilización programado, el controlador desconecta el suministro de calor y reduce la presión de forma controlada.
- **Seguridad y alarmas:** Las autoclaves disponen de sistemas de seguridad y alarmas como parte del sistema de control automático. Estos sistemas están diseñados para detectar y notificar condiciones anormales como altas temperaturas, presiones inseguras y fallos en los componentes del autoclave. Si se detecta una condición anormal, suena una alarma audible o visual y, en algunos casos, el proceso se detiene automáticamente para evitar daños o peligros.
- **Interfaz de usuario y supervisión:** Las autoclaves suelen estar equipados con una interfaz de usuario para supervisar y configurar el proceso de esterilización. Esto incluye pantallas táctiles, paneles de control y software de supervisión. Mediante esta interfaz, el operador puede establecer los parámetros de control, supervisar las variables críticas, consultar los registros del proceso y realizar los ajustes

necesarios. La interfaz de usuario también puede proporcionar información en tiempo real sobre el estado del autoclave, como la temperatura, la presión y el tiempo de esterilización restante.

En conclusión, para automatizar las autoclaves se utilizan sensores, controladores y algoritmos que permiten controlar y mantener en un rango seguro a las variables críticas del proceso como la temperatura, la presión y el tiempo de esterilización. Además, los sistemas de seguridad y alarmas integrados detectan y responden a situaciones anómalas. Una interfaz de usuario permite supervisar y configurar el proceso, proporcionando al operador el control y la información necesarios para tomar decisiones coordinadas e informadas. De esta manera, el control automático mejora la precisión, eficacia y fiabilidad de la autoclave, garantizando una esterilización eficaz y de alta calidad (Almache Allaica, 2019).

1.2.3. Procesamiento de productos hidrobiológicos

El procesamiento de productos hidrobiológicos abarca todas las actividades relacionadas con la transformación de productos marinos y de agua dulce, incluidos el pescado, los mariscos y otros organismos acuáticos, desde la pesca y la acuicultura hasta la preparación final para el consumo o el uso industrial (Organismo Nacional de Sanidad Pesquera, 2020). A continuación, se presenta un fundamento teórico sobre el procesamiento de productos hidrobiológicos (Collins Amador, 2021):

- **Captura o cultivo:** El procesamiento de productos hidrobiológicos comienza con la captura de organismos marinos o su cultivo en granjas acuícolas. La captura puede ser realizada por la pesca comercial utilizando diferentes métodos, como redes, trampas, palangre, arrastre, entre otros. Por otro lado, el cultivo se lleva a cabo en estanques, jaulas o tanques donde se controlan las condiciones para el crecimiento y desarrollo de los organismos.

- **Manipulación y clasificación:** Una vez capturados o cosechados, los productos hidrobiológicos se someten a procesos de manipulación y clasificación. Esto implica la separación y clasificación de los organismos por especie, tamaño, calidad y estado de frescura. Durante esta etapa, se pueden descartar los productos dañados o de baja calidad.
- **Procesamiento primario:** En esta etapa, se realizan operaciones básicas de procesamiento, como la evisceración (remoción de las vísceras), el descabezado, el despinado y el desescamado. Estas operaciones tienen como objetivo preparar los productos para el procesamiento posterior y mejorar su calidad y presentación.
- **Procesamiento secundario:** El procesamiento secundario implica una variedad de actividades adicionales, como el fileteado, el deshuesado, la congelación, el enlatado, el ahumado, el salado, el secado y la marinación. Estas operaciones tienen como objetivo agregar valor al producto, aumentar su vida útil, mejorar su textura, sabor y apariencia, y cumplir con los requisitos y preferencias del mercado.
- **Envasado y etiquetado:** Después del procesamiento, los productos hidrobiológicos se envasan en diferentes formas, como bolsas, cajas, latas o bandejas, y se etiquetan con información importante, como la especie, la fecha de envasado, el peso neto, la fecha de vencimiento y las instrucciones de almacenamiento y preparación.
- **Almacenamiento y distribución:** Los productos hidrobiológicos procesados se almacenan en condiciones controladas, como cámaras frigoríficas o congeladores, para mantener su frescura y calidad. Luego, se distribuyen a través de canales de comercialización, como mercados mayoristas, minoristas, restaurantes y exportaciones, para llegar a los consumidores finales.

Cabe destacar que la transformación de los productos hidrobiológicos debe cumplir las normas y reglamentos de seguridad alimentaria, higiene, trazabilidad y calidad establecidos por las autoridades competentes y las organizaciones internacionales (Organismo Nacional de Sanidad Pesquera, 2020).

1.3. Operacionalización de variables

Tabla 1 *Definición y operacionalización de variables*

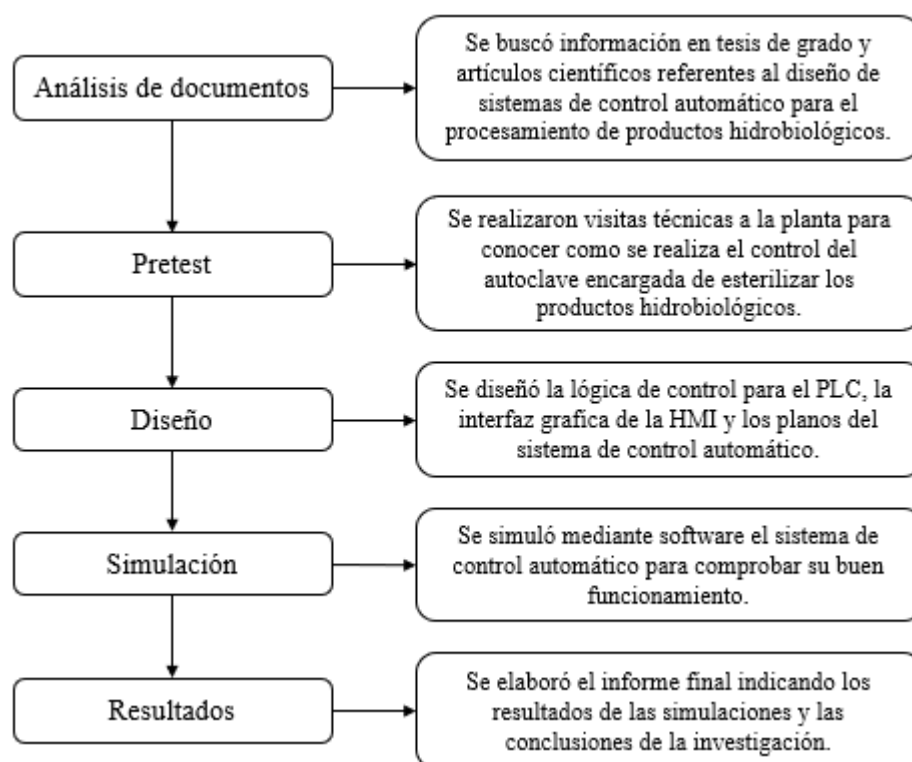
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Instrumento
Sistema de control automatizado (Independiente)	Se define como una unidad con la capacidad de recibir entradas de acción externa y cuya respuesta al estímulo son las variables de salida (Fernández Cervantes, 2021).	Esta variable se medirá mediante simulaciones con el software TIA PORTAL	Sistema de adquisición de datos	Sensores de presión y temperatura
			Sistema de procesamiento	PLC
			Sistema de monitoreo	HMI
Procesamiento de productos hidrobiológicos (Dependiente)	Se define como el proceso para transformar los organismos que pasan toda o parte de su vida en el medio acuático en un producto para la alimentación del ser humano (Organismo Nacional de Sanidad Pesquera, 2020).	Esta variable se medirá mediante simulaciones con en el software TIA PORTAL	Control de presión	Sistema de control automatizado
			Control de temperatura	
			Control del tiempo de esterilización	

II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Diseño de contrastación de hipótesis

En la Figura 1 se muestran las etapas realizadas para comprobar la hipótesis planteada en esta investigación.

Figura 1 *Diseño de contrastación de hipótesis*



2.2. Población y muestra

La población son 6 autoclaves de la Planta Sechura de la Empresa Inversiones Prisco S.A.C. La muestra es la Autoclave N°01 de 7,10 m de largo, 1,35 m de diámetro, 9 carros, de acero estructural. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

2.3. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

En este proyecto se utilizaron tres técnicas de investigación: el análisis de documentos, la observación directa y relevamiento de requisitos.

El análisis documental fue útil para recopilar información de artículos académicos y tesis de grado sobre la aplicación de sistemas de control automático en autoclaves para la

esterilización de productos hidrobiológicos. La información recopilada se utilizó para desarrollar el marco teórico de la investigación.

También se realizó una visita técnica a la planta para observar cómo los operarios controlan las autoclaves encargadas de procesar los productos hidrobiológicos. Se pudo constatar que el control realizado por los operarios consta de 6 fases:

- **Calentamiento inicial:** En esta etapa, el operador abre la válvula de vapor para expulsar el aire frío contenido en la autoclave y comenzar a elevar la temperatura. Al mismo tiempo, la presión comienza a aumentar.
- **Incremento de temperatura y presión:** Durante esta etapa, se continúa incrementando tanto la temperatura como la presión en la autoclave hasta alcanzar el punto deseado.
- **Mantenimiento de temperatura y presión:** Una vez alcanzado el punto deseado, el operador mantiene la temperatura y la presión dentro de la autoclave durante un tiempo establecido.
- **Expulsión de vapor y aire caliente:** Después del tiempo establecido, el operador libera el vapor y el aire caliente de la cámara utilizando aire frío filtrado, lo cual reduce tanto la temperatura como la presión.
- **Enfriamiento con agua fría:** Posteriormente, se completa el proceso de enfriamiento mediante la aplicación de agua fría rociada por aspersores. Esto reduce la temperatura hasta alcanzar un nivel establecido por el operador y se elimina la presión de aire existente dentro de la cámara.
- **Purga del agua utilizada:** Finalmente, el operador abre la válvula de purga de la autoclave para expulsar el agua utilizada para enfriar el producto contenido en la autoclave.

Respecto al relevamiento de requisitos, se estableció que la adquisición de datos se realice con un sensor de temperatura y un sensor de presión, un PLC para el procesamiento de datos y una HMI para el monitoreo de la autoclave. El control de presión es necesario para que la temperatura de la cámara de esterilización aumente, para lo cual se utiliza vapor. El control de temperatura es necesario para esterilizar las latas de los productos hidrobiológicos. Por otro lado, el tiempo de esterilización dependerá del tipo de producto.

Tabla 2 *Definición de valores de temperatura, presión y tiempo de esterilización*

Variable	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6
Temperatura (°C)	106.66	115.55	115.27	68.33	40.55	-17.77
Presión (psi)	6	13	12.7	14	13	0
Tiempo (m)	Varía en rango de 30 a 90 minutos					

Fuente: Inversiones Prisco SAC

Como equipo se utilizó un ordenador portátil con las siguientes características: 12 GB de RAM, 1 TB de disco duro de estado sólido y sistema operativo Windows 10. En este equipo se instaló el software TIA PORTAL V17 de Siemens, el cual fue utilizado para desarrollar la lógica de control del PLC y crear la interfaz gráfica de la HMI.

III. RESULTADOS

3.1. Deficiencias en el control manual de los autoclaves

Luego de observar cómo se realiza el control manual de las autoclaves en la empresa Inversiones Prisco SAC se encontraron las deficiencias mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3 *Deficiencias en el control manual de autoclaves en la empresa Inversiones Prisco*

Deficiencia	Consecuencia
Error humano	Los operadores pueden olvidar una etapa, ajustar incorrectamente los parámetros de temperatura y presión, o no realizar las acciones necesarias en el momento adecuado. Estos errores pueden comprometer la eficacia y la seguridad del proceso de esterilización.
Error en el tiempo de mantenimiento	El tiempo de mantenimiento de temperatura y presión establecido por el operador puede variar de un autoclave a otro, o incluso en diferentes ciclos de procesamiento. Esto puede llevar a resultados inconsistentes y afectar la calidad del producto final.
Falta de monitoreo continuo	En el control manual no existe un monitoreo continuo de las variables críticas, como la temperatura y la presión. Esto puede resultar en fluctuaciones indeseables que afectan la eficiencia del proceso y la calidad del producto.
Falta de precisión	Los operadores pueden enfrentar dificultades para mantener una precisión constante en la manipulación de las válvulas y los ajustes de temperatura y presión. Esto puede resultar en desviaciones de los parámetros requeridos y afectar negativamente la efectividad del proceso de esterilización.
Dependencia del operario	El control manual depende de la experiencia individual de los operadores. Esto puede ser problemático si hay una falta de capacitación adecuada o si se produce un cambio de personal, lo que podría dar lugar a variaciones en el proceso y resultados inconsistentes.

3.2. Diseño de la lógica de control del PLC

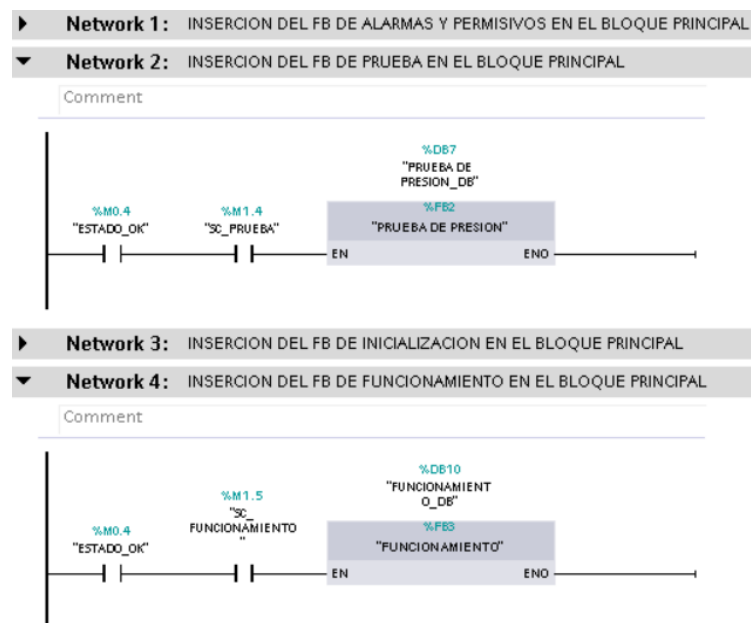
A continuación, se muestra la programación para el PLC realizada en el software TIA PORTAL de Siemens.

OB 01: PRINCIPAL

En los primeros cuatro Networks, se realiza la inserción en el programa principal de los bloques de función que serán explicados más adelante. Estos bloques de función son los siguientes:

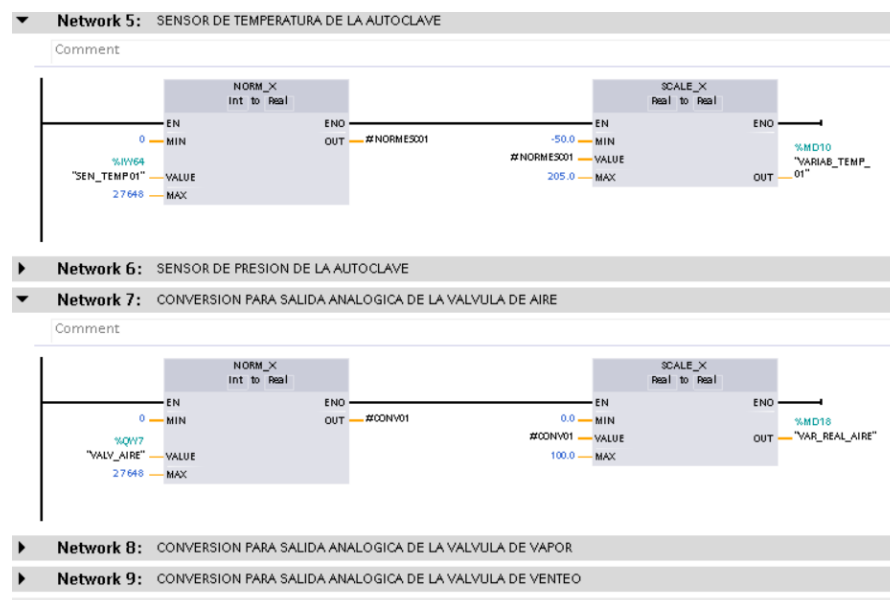
- FB de alarma
- FB de programa de prueba de hermetizado
- FB de inicialización de variables de proceso
- FB de programa de funcionamiento de proceso

Figura 2 Programación de PLC – Networks 1 al 4



En los Networks del 5 al 9 se lleva a cabo el escalado de las variables analógicas de entrada y salida del proceso.

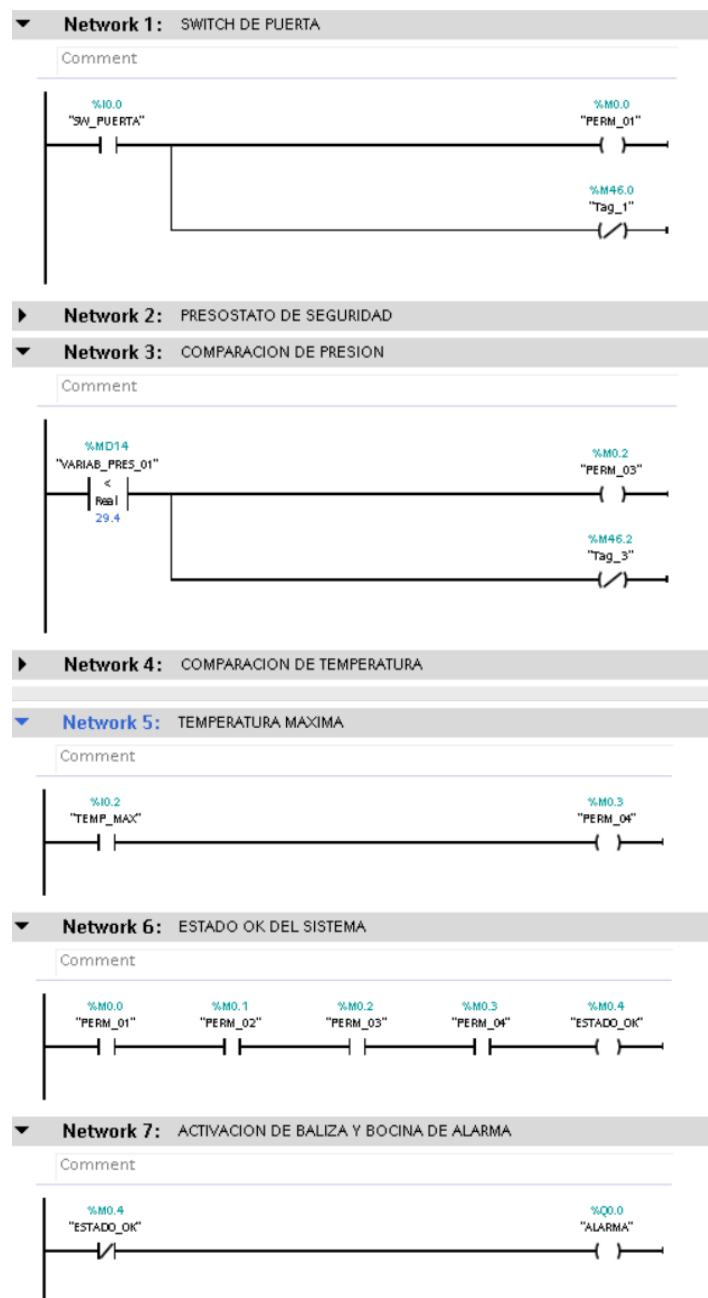
Figura 3 Programación de PLC – Networks 5 al 9



FB DE ALARMA Y PERMISIVOS

En este bloque se encuentran las variables que indican alarmas durante el proceso. Estas alarmas provocan una detención inmediata del desarrollo del proceso y, una vez activadas, inicializan por completo el sistema. Además, se dispara una salida digital que está destinada a una alarma sonora.

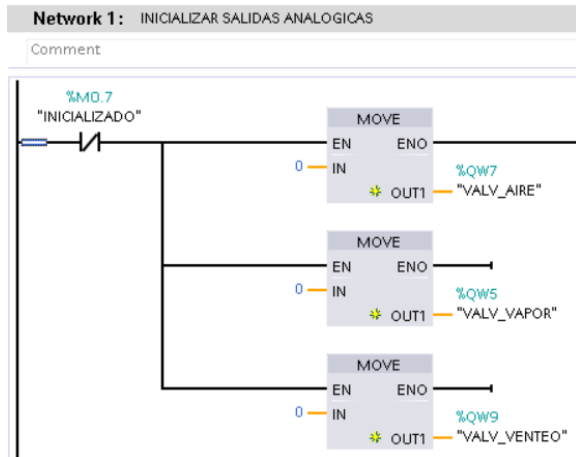
Figura 4 Programación de PLC – FB de alarmas y permisos – Networks 1 al 7



FB DE INICIALIZACION

Este bloque del programa está destinado a habilitar los posicionadores de las válvulas.

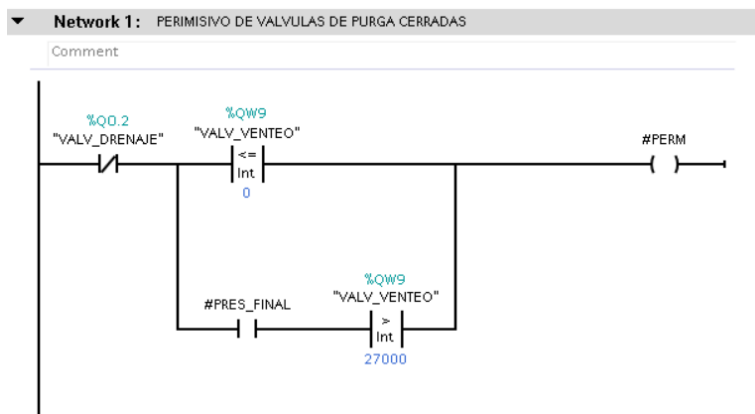
Figura 5 Programación de PLC – FB de inicialización – Network 1



FB DE PRUEBA DE HERMETICIDAD

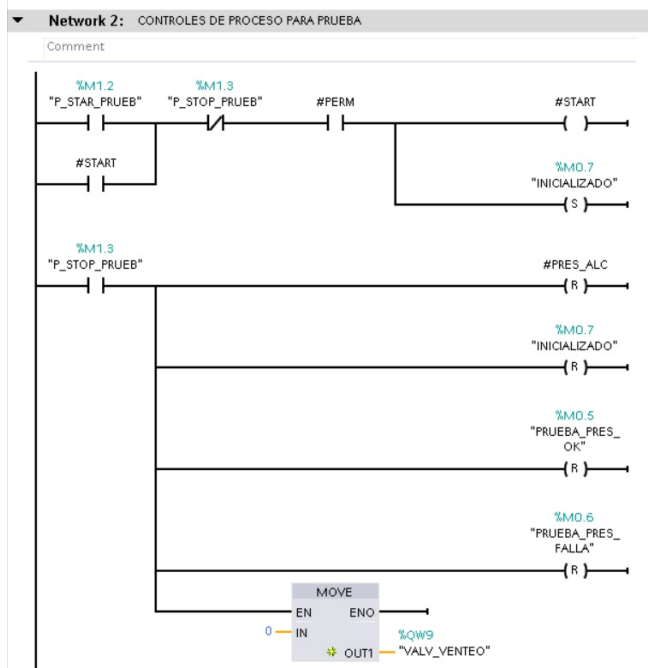
En el Network 1 se ha incluido un permiso para asegurar que ambas válvulas de desfogue (venteo y drenaje) se encuentren cerradas al iniciar el proceso.

Figura 6 Programación de PLC – FB de hermeticidad – Network 1



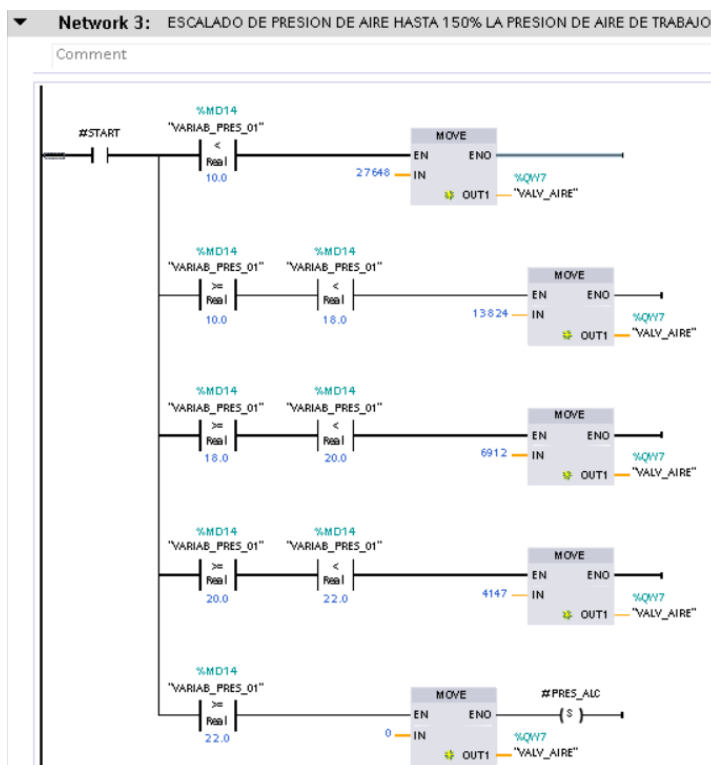
En el Network 2 se describe la lógica de los pulsadores utilizados para iniciar y finalizar el proceso de prueba.

Figura 7 Programación de PLC – FB de hermeticidad – Network 2



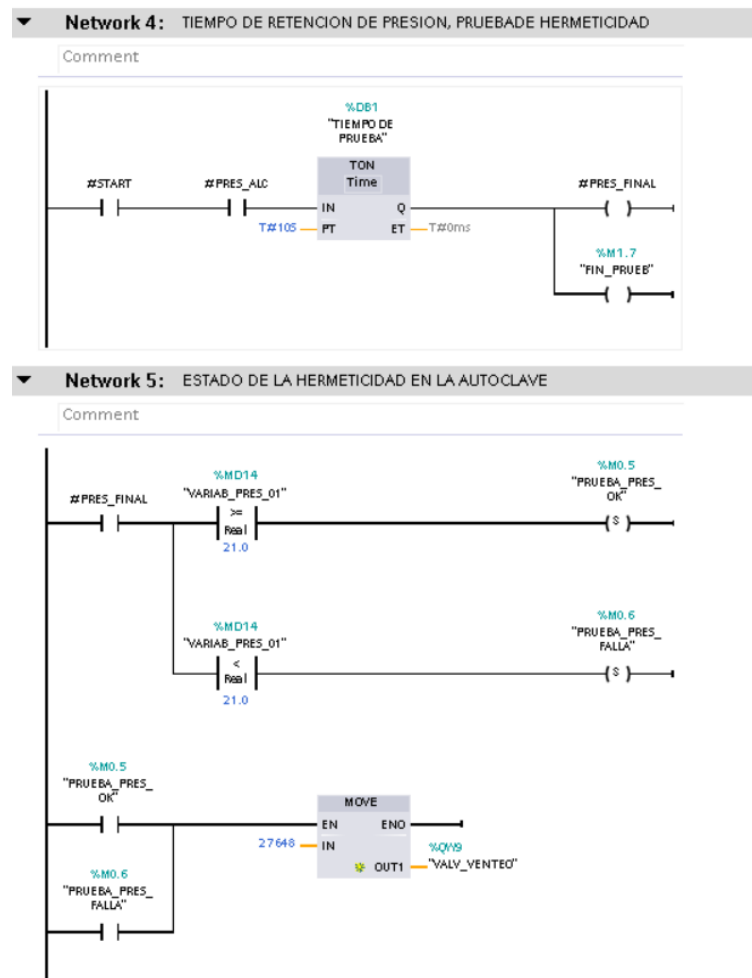
En el Network 3 se lleva a cabo un control de posición de la válvula en función del incremento de la presión dentro de la autoclave hasta alcanzar la presión máxima.

Figura 8 Programación de PLC – FB de hermeticidad – Network 3



En el Network 4 se estableció el tiempo de duración de la prueba, el cual se ingresa directamente en el programa para evitar que el operador modifique estos tiempos a través del HMI. En el Network 5, se implementó una lógica para determinar el resultado final de la prueba.

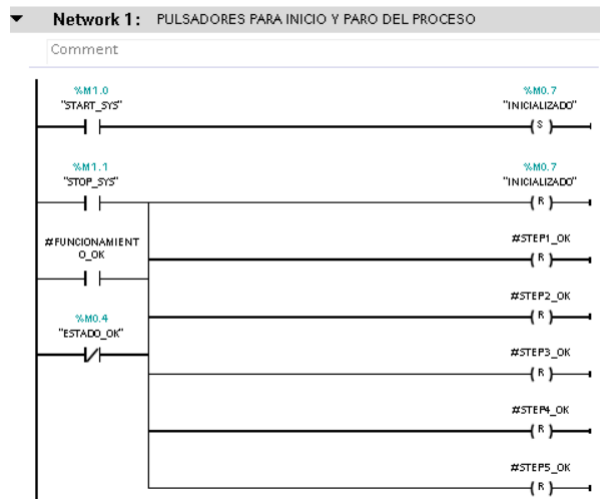
Figura 9 Programación de PLC – FB de hermeticidad – Networks 4 y 5



FB DE FUNCIONAMIENTO

En el Network 1 se implementó la lógica de programación para los pulsadores de inicio y paro del proceso. Esto significa que se estableció la secuencia de comandos y acciones que se activarán cuando los pulsadores correspondientes sean presionados.

Figura 10 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 1



En los Networks 2, 3 y 4 se implementó una secuencia de incremento de temperatura y presión, controlada por un controlador PID en cada etapa. Estos controladores PID permiten mantener el control en todo momento de la temperatura y la presión, asegurando que se mantengan estables dentro de los valores deseados a los que son sometidos los productos dentro de la autoclave.

Figura 11 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 2

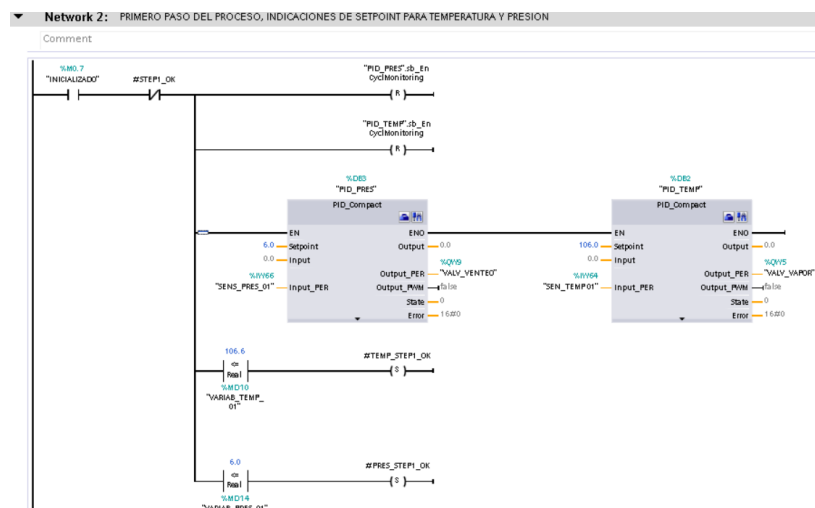


Figura 12 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 3

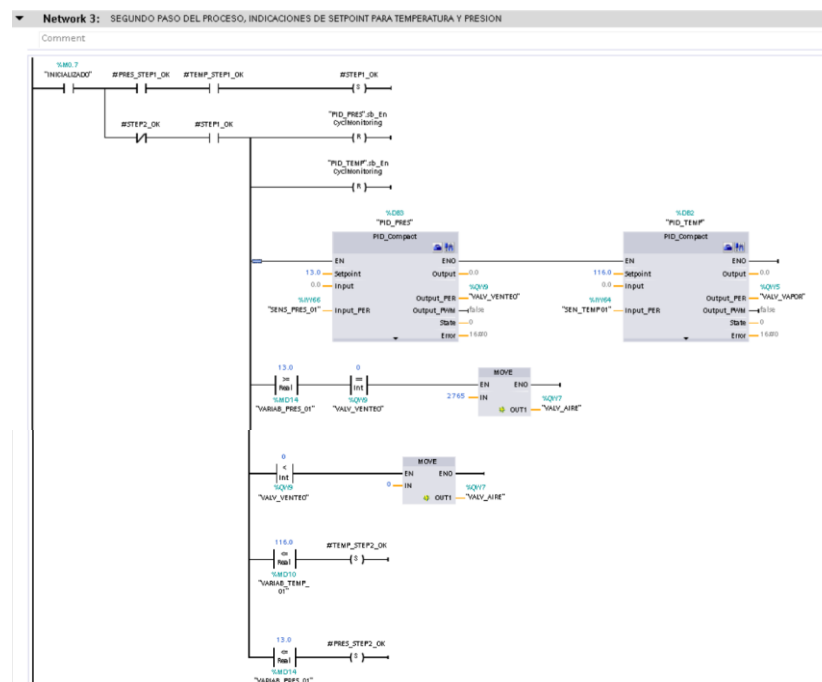
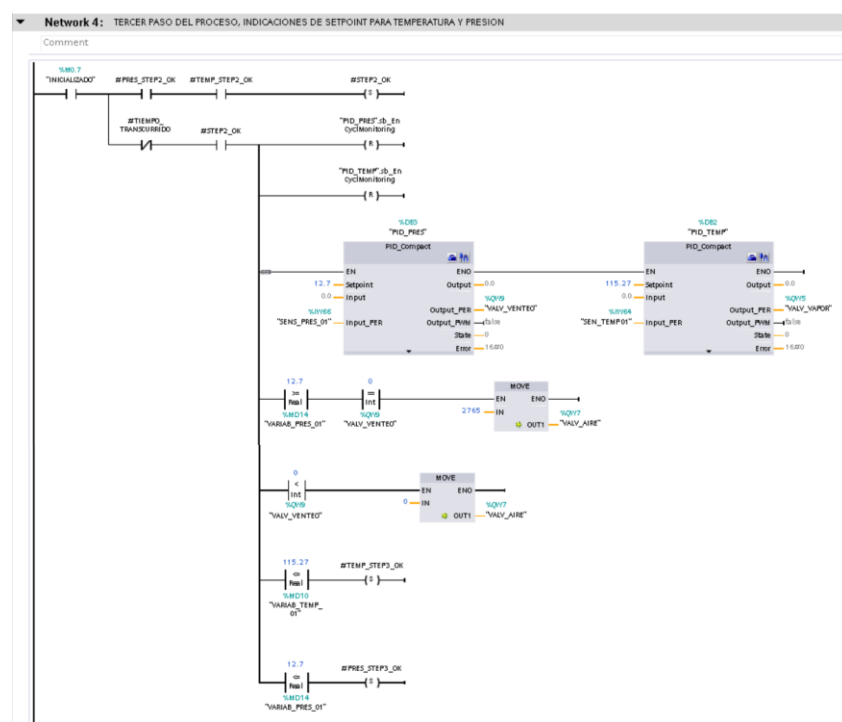
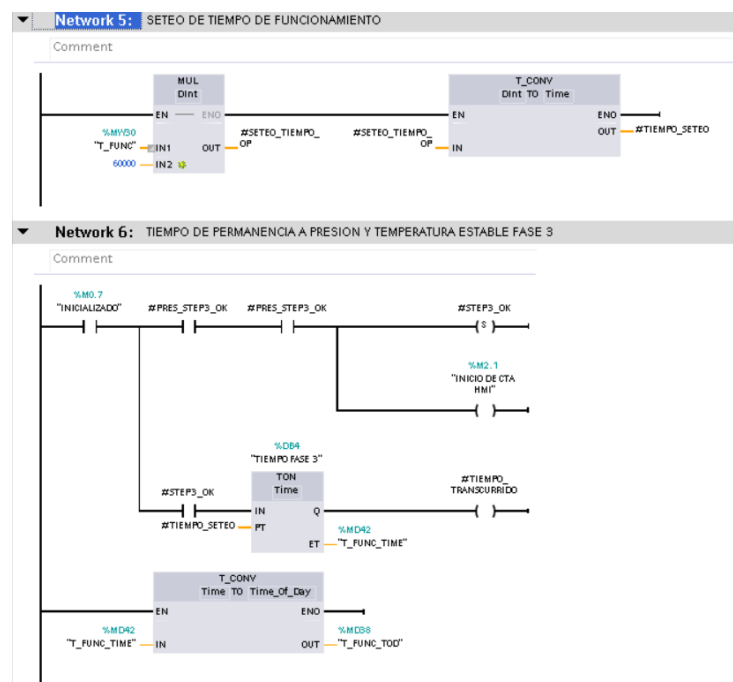


Figura 13 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 4



En los Networks 5 y 6 se establece el tiempo de esterilización al que será sometido el producto. Es importante destacar que este tiempo puede ser modificado directamente desde la pantalla HMI por el operador, de acuerdo al tipo de producto que se ingrese. Esto brinda flexibilidad para ajustar el tiempo de esterilización según las necesidades específicas de cada producto.

Figura 14 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 4



En los Networks 7 y 8 se implementó una secuencia de decremento de temperatura y presión, utilizando controladores PID para mantener el control de estas variables en todo momento. Estos controladores PID aseguran que la temperatura y presión se reduzcan de manera controlada a medida que finaliza el proceso de esterilización, manteniendo así las condiciones adecuadas para los productos dentro de la autoclave.

Figura 15 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 7

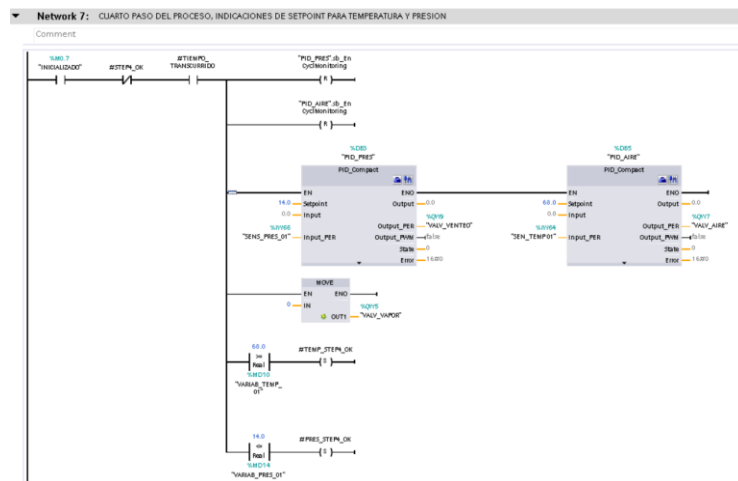
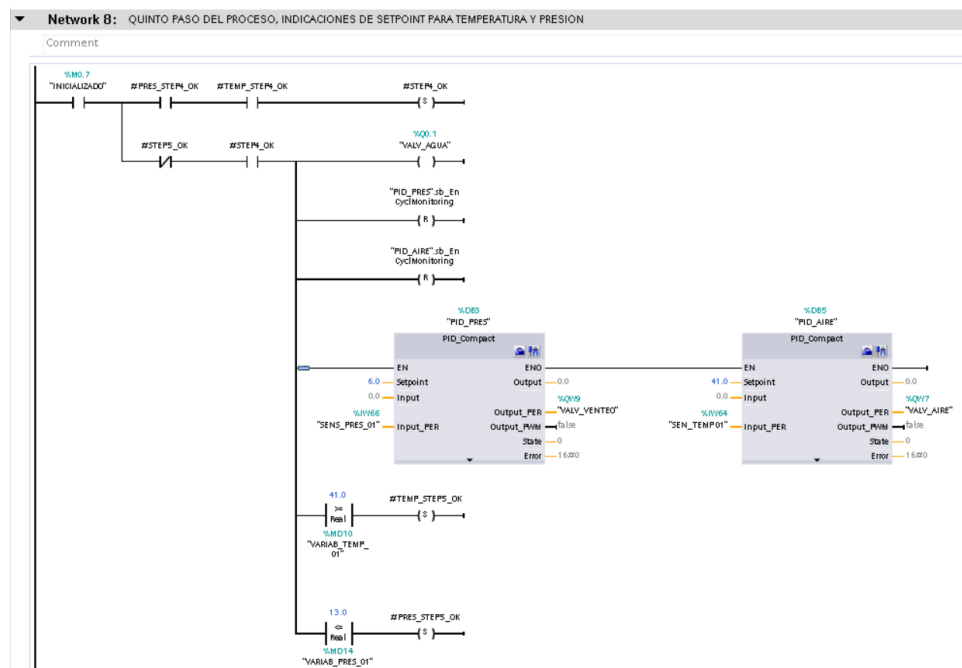


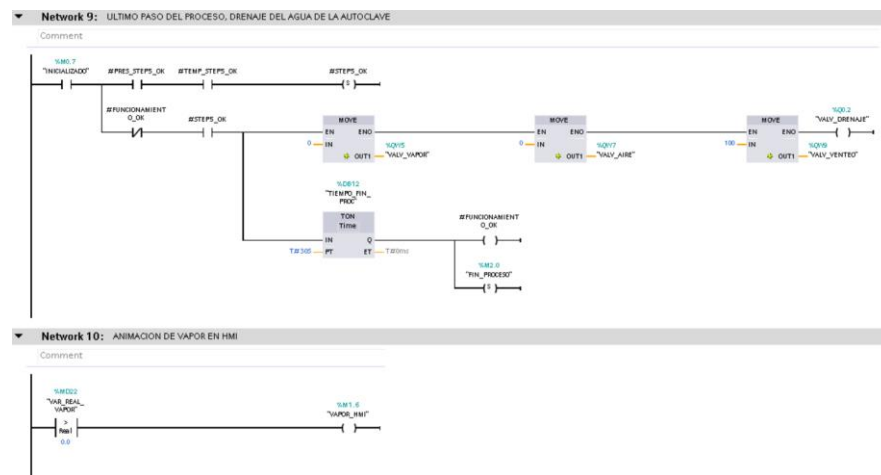
Figura 16 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Network 8



En el Network 9 se implementó la fase de desfogue, en la cual se cierran completamente las válvulas de vapor y aire, y se abren las válvulas de venteo y drenaje con el fin de evacuar todo el agua acumulada dentro de la autoclave durante el proceso de enfriamiento.

En el Network 10 se desarrolló una lógica para la animación de la salida de vapor en la interfaz gráfica del HMI. Esto permite visualizar de manera intuitiva y representativa el flujo de vapor durante el proceso.

Figura 17 Programación de PLC – FB de funcionamiento – Networks 9 y 10



3.3. Diseño de la interfaz gráfica de la HMI

A continuación, se muestra el diseño de la interfaz gráfica para la HMI realizado en el software TIA PORTAL de Siemens.

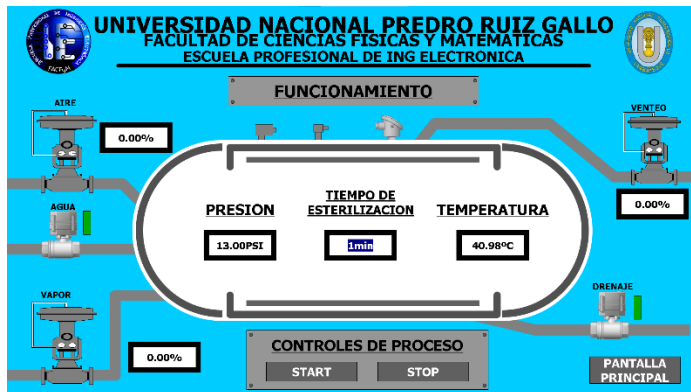
Figura 18 Diseño de HMI – Pantalla 1



Figura 19 Diseño de HMI – Pantalla 2



Figura 20 Diseño de HMI – Pantalla 3



3.4. Simulación del sistema de control automático

En la Figura 21 se muestra la pantalla principal del SCADA, desde la cual se puede acceder a los 02 procesos existentes en el programa.

- Prueba de hermeticidad.
- Proceso de funcionamiento o esterilizado.

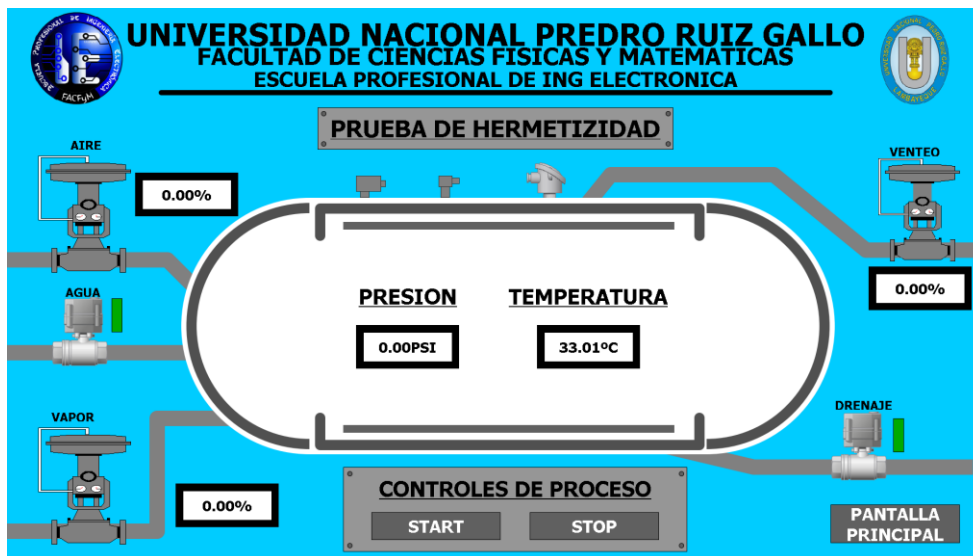
Figura 21 Pantalla principal del SCADA



3.4.1. Prueba de hermeticidad

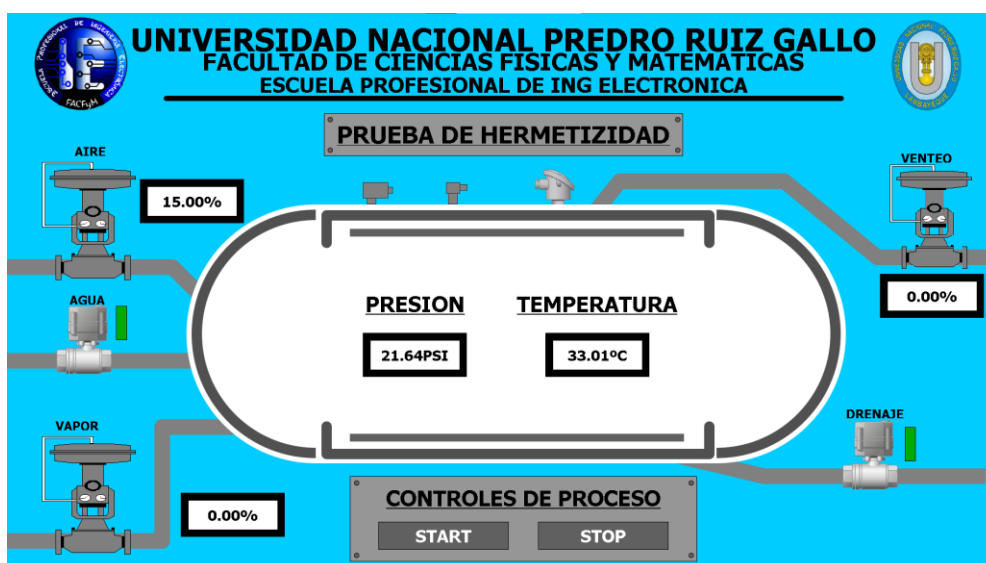
La autoclave está despresurizada y todas las entradas y salidas completamente cerradas. Para iniciar el proceso, se cierra completamente la puerta de la autoclave y se pulsa el botón START. A partir de este momento, la válvula de aire se abre completamente y se cierra gradualmente a medida que aumenta la presión en la autoclave.

Figura 22 Prueba de hermeticidad – Parte 1



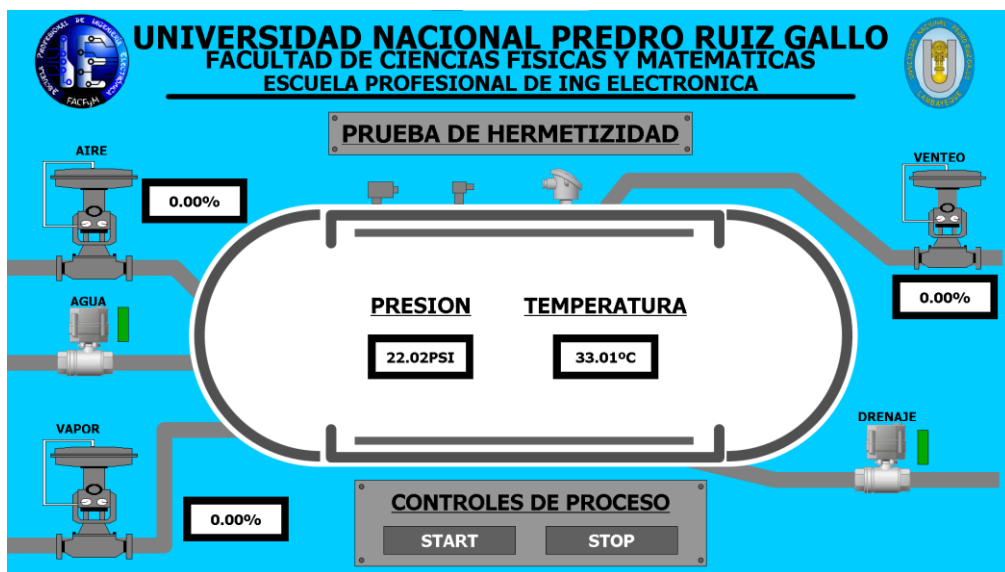
A medida que aumenta la presión, la válvula de aire se cierra gradualmente para que no se supere el valor de presión ajustado (en este caso 22 psi). Esta acción mantiene la presión en el sistema dentro del rango establecido. Como medida de seguridad adicional, el botón para salir de la pantalla se oculta una vez iniciado el proceso de prueba. Esto evita que el operador active inadvertidamente ambos procesos al mismo tiempo, causando problemas o errores en el sistema.

Figura 23 Prueba de hermeticidad – Parte 2



Cuando se alcanza la presión máxima establecida, todas las válvulas se cierran completamente y el sistema se presuriza durante un tiempo de prueba de 5 minutos. Sin embargo, en la simulación se utilizó un tiempo de prueba más corto, concretamente 10 segundos. Es importante señalar que esta variación en el tiempo de prueba se llevó a cabo únicamente con fines de simulación y no representa el tiempo real utilizado en condiciones normales de funcionamiento.

Figura 24 *Prueba de hermeticidad – Parte 3*



Una vez finalizada la prueba, se muestran dos tipos de mensajes dependiendo de la presión final alcanzada:

- **"Prueba finalizada, hermeticidad comprobada"**: Este mensaje se muestra si la presión se mantiene en un valor igual o mayor a 21 psi. Indica que la hermeticidad del sistema ha sido verificada con éxito.
- **"Prueba finalizada, hermeticidad comprometida, contactar con soporte técnico"**: Este mensaje se muestra si la presión se mantiene en un valor menor a 21 psi. Indica que la hermeticidad del sistema se ha visto comprometida y se recomienda contactar con el soporte técnico para resolver el problema.

Estos mensajes proporcionan una indicación clara sobre el resultado de la prueba y las acciones recomendadas en función de la presión final alcanzada.

Figura 25 Prueba de hermeticidad – Mensaje 1

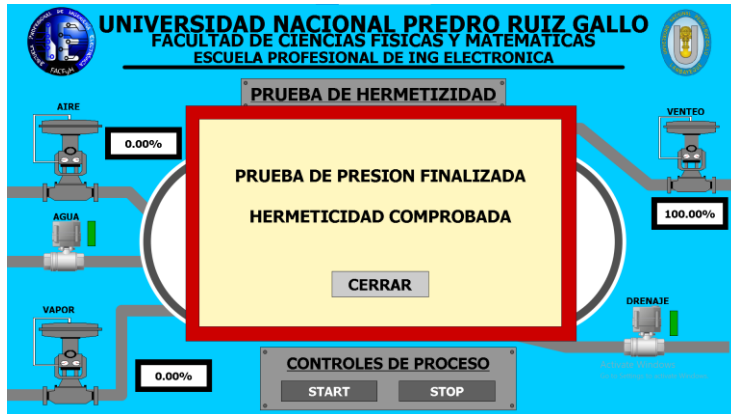
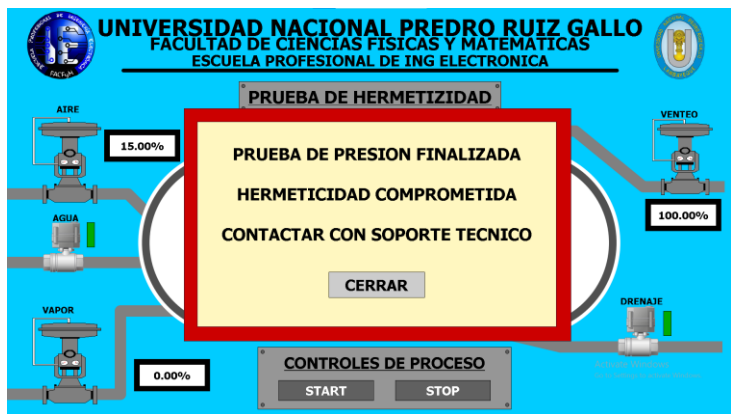


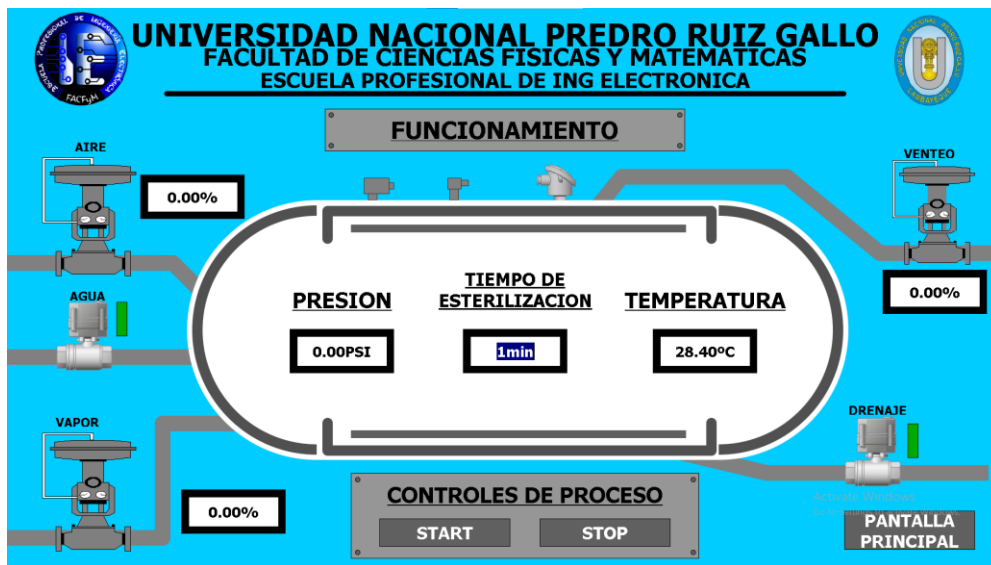
Figura 26 Prueba de hermeticidad – Mensaje 2



3.4.2. Prueba del proceso de funcionamiento o esterilización

Antes de iniciar el proceso, el operador tiene la opción de ajustar el tiempo de esterilización, el cual varía según el producto y puede estar en un rango de 30 a 90 minutos. Sin embargo, para esta simulación se utilizó un tiempo de esterilización más corto, de 1 minuto. Es importante señalar que este ajuste del tiempo de esterilización se hizo específicamente para la simulación y no refleja el tiempo de esterilización real utilizado en condiciones normales de funcionamiento.

Figura 27 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 1



Cuando se inicia la primera etapa con el botón START, se activa el algoritmo de control PID para la temperatura y la presión. Esto significa que las válvulas de vapor y venteo se abren según sea necesario para alcanzar los valores preestablecidos. En este caso, los valores preestablecidos son 6 psi (presión) y 106 °C (temperatura).

Figura 28 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 2

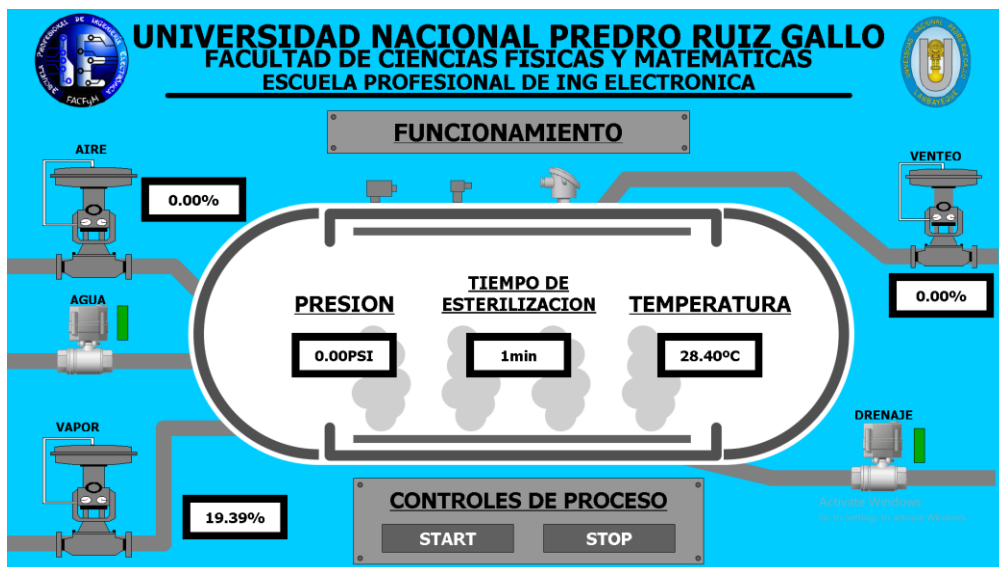
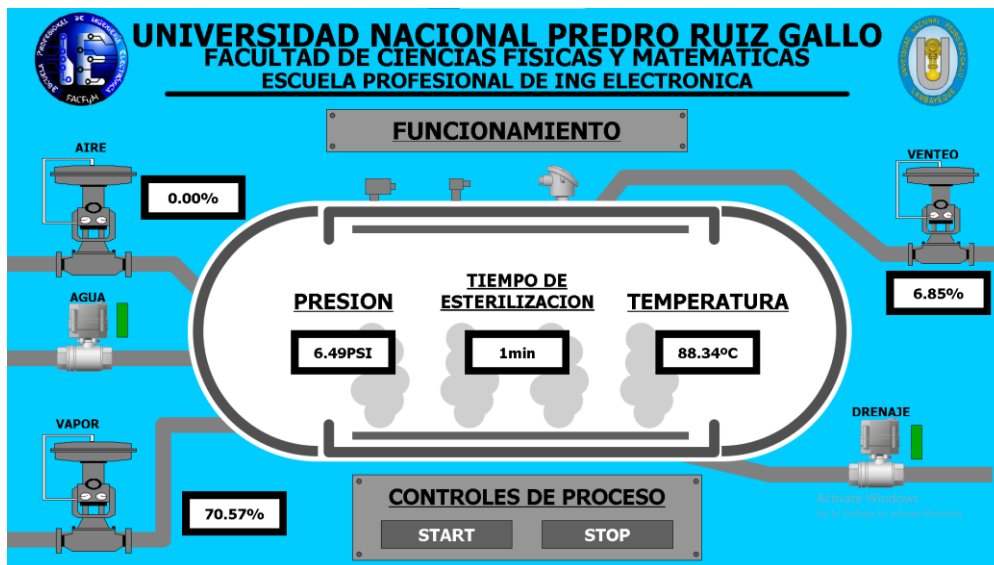
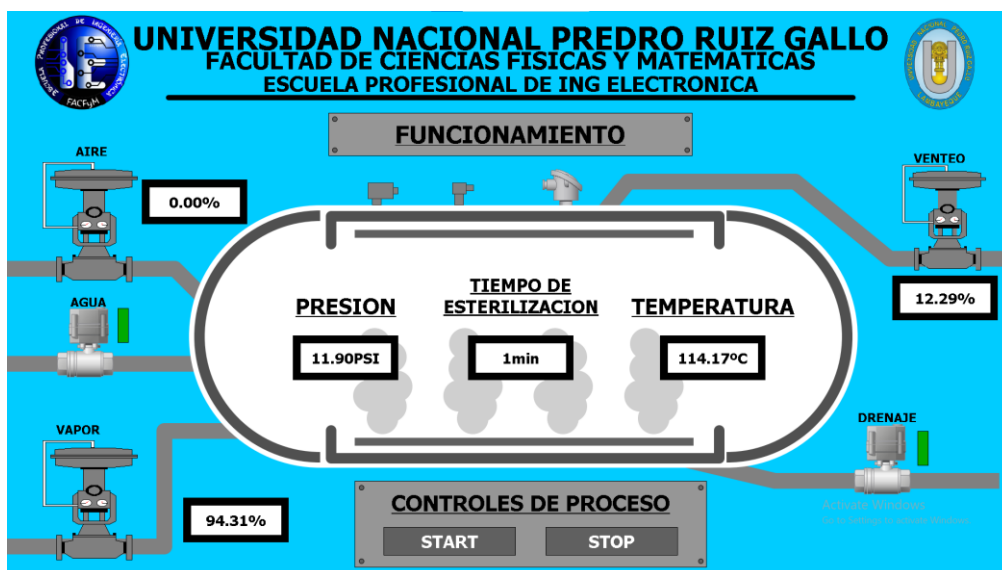


Figura 29 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 3



Después de completar la primera etapa, se inicia la segunda etapa del proceso. En esta etapa, los setpoints establecidos son de 13 psi (presión) y 116 °C (temperatura).

Figura 30 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 4



Una vez alcanzados los valores fijados para la segunda etapa del proceso, se inicia la tercera etapa del proceso. Durante esta etapa, la presión y la temperatura se mantienen estables durante un periodo de tiempo preestablecido por el operador.

Figura 31 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 5

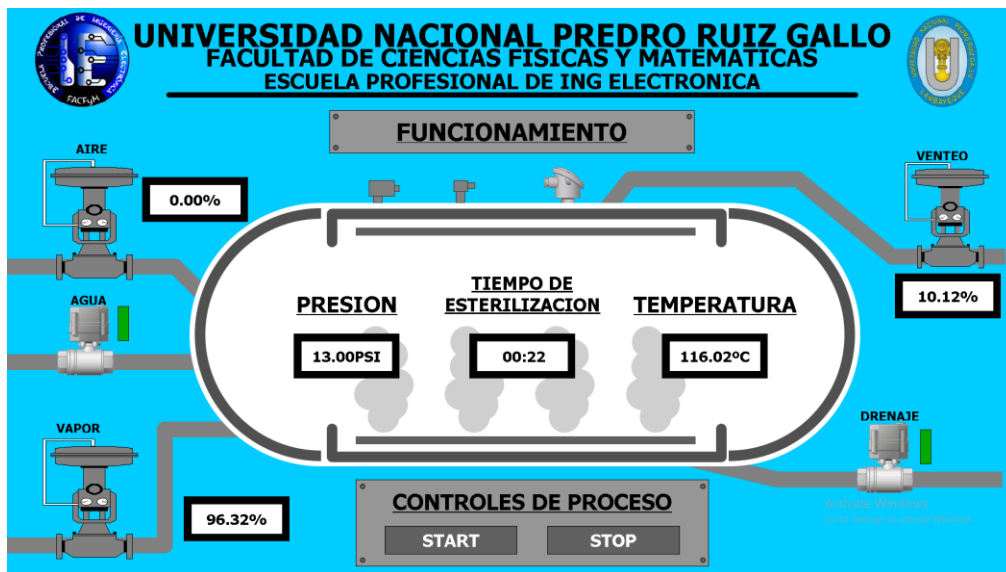
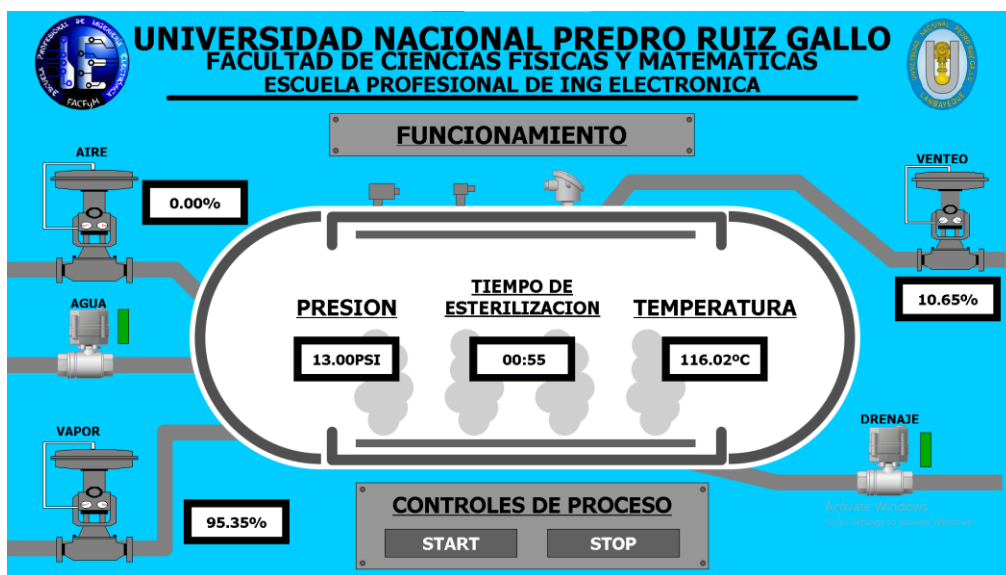


Figura 32 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 6



Una vez completada la tercera etapa, comienza la cuarta fase del proceso de esterilización, la etapa de enfriamiento. Durante esta etapa, es importante mantener la presión en la autoclave para evitar la deformación o expansión de las latas. La temperatura establecida durante el enfriamiento es de 68 °C (temperatura) y 14 psi (presión). Para conseguirlo, la presión se ajusta dentro del rango deseado cerrando completamente la válvula de vapor y abriendo gradualmente las válvulas de aire y venteo según sea necesario.

Figura 33 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 7

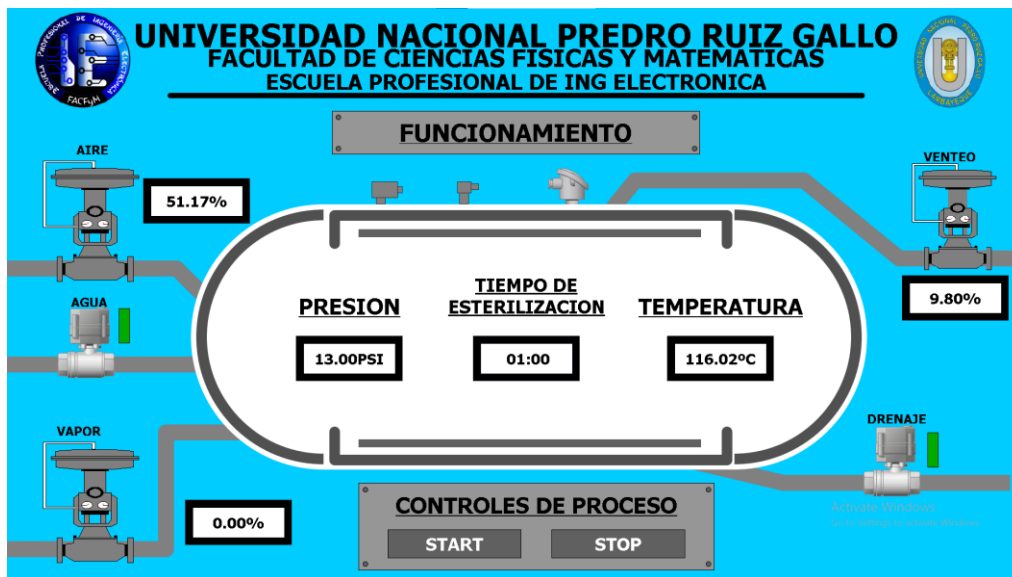
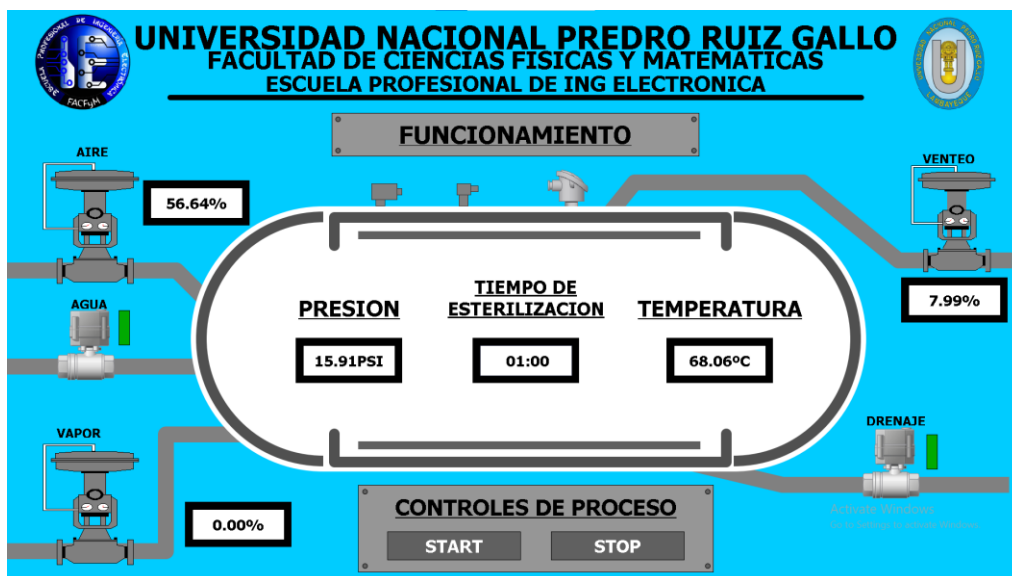
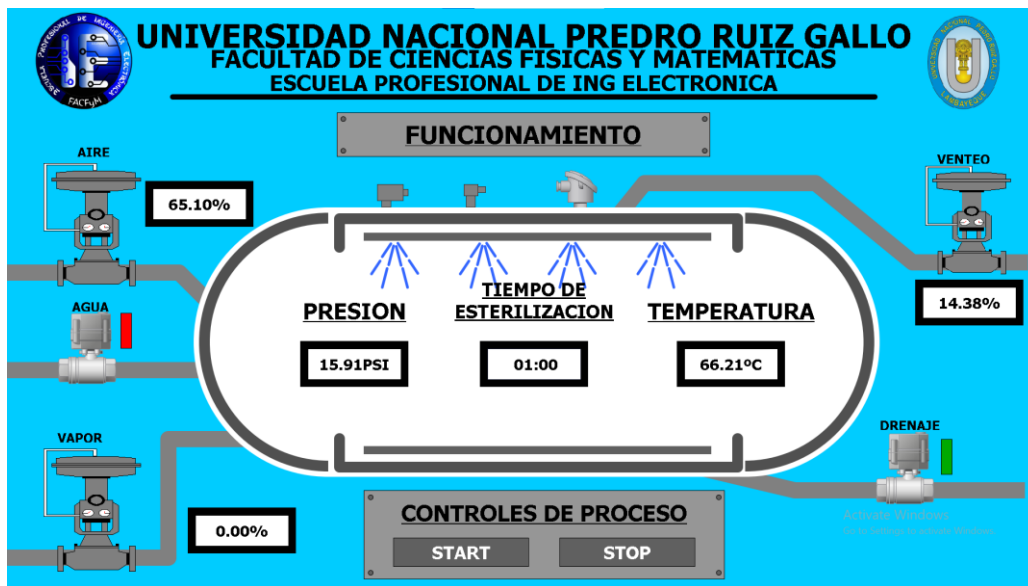


Figura 34 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 8



Después de completar el primer escalón de descenso de temperatura, se inicia la quinta etapa del proceso, que implica un segundo descenso de temperatura. Durante esta etapa, la válvula de aire y la válvula de ventilación se dejan abiertas y se abre la válvula de agua. Los puntos de ajuste para esta etapa son 41°C (temperatura) y 6 psi (presión). Al abrir la válvula de agua, el agua fría entra gradualmente en la autoclave para ayudar a reducir la temperatura interna. Al mantener abiertas las válvulas de aire y de ventilación, el vapor y el aire caliente se drenan gradualmente. Esto mantiene la presión dentro del rango deseado.

Figura 35 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 9



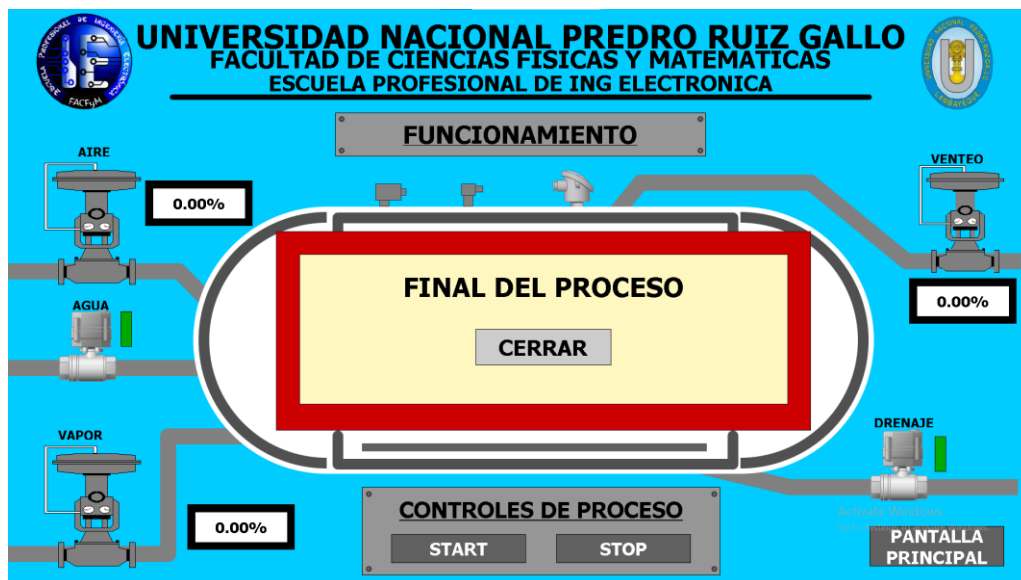
La sexta y última etapa del proceso de esterilización es la purga del líquido en la autoclave. En esta etapa, se cierra la válvula de aire y se abren las válvulas de ventilación y drenaje. El objetivo de esta etapa es remover cualquier líquido residual, como agua o vapor, que aún pueda quedar en la autoclave después del final de la etapa anterior. Abriendo la válvula de ventilación y la válvula de drenaje, estos fluidos son drenados de la autoclave de forma controlada. Normalmente, esta etapa dura 8 minutos, pero para los fines de la simulación, se establece una duración más corta de 30 segundos.

Figura 36 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 10



Una vez finalizado el proceso de esterilización, se muestra una notificación al operador indicando que el proceso ha finalizado. Esta notificación tiene como objetivo informar al operador de que la esterilización se ha completado con éxito y que puede proceder a la siguiente acción, como retirar el producto esterilizado de la autoclave o preparar la siguiente carga. La notificación de fin de proceso es una confirmación importante para los operarios, ya que les permite reconocer inmediatamente que el ciclo de esterilización se ha completado con éxito y que pueden proceder al siguiente paso de acuerdo con los procedimientos establecidos.

Figura 37 Prueba de funcionamiento o esterilización – Parte 10



IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de esta investigación revelan que la automatización de las autoclaves de la empresa Inversiones Prisco SAC mediante el uso de PLC y HMI proporciona numerosos beneficios. En primer lugar, se resuelve el problema del control manual, se elimina la posibilidad de error humano y se mejora la calidad de la producción. Además, se evitan las paradas no programadas y se reduce la posibilidad de sanciones por incumplimiento de las normas de higiene.

Las simulaciones del sistema propuesto en Inversiones Prisco SAC han demostrado su eficacia. Se realizaron con éxito pruebas de hermeticidad y los resultados se mostraron en la HMI y se notificaron al operador. Además, fue posible controlar la temperatura y la presión durante las seis etapas del proceso de esterilización y ajustar el tiempo de exposición del producto en función de las necesidades específicas.

Cuando se comparan estos resultados con otros estudios relacionados, se observan similitudes y complementariedades. Por ejemplo, Collins Amador (2021) propuso un sistema de control automático de temperatura para autoclaves utilizando PLC, HMI y sensores de temperatura. Este enfoque es similar al propuesto en este estudio y utiliza los mismos elementos para controlar la temperatura y mantenerla dentro del rango requerido.

Por otro lado, Trapsilo Rochim (2021) también ha desarrollado un sistema de control automático con PLC y HMI para autoclaves, pero incorpora sensores termopares y una aplicación móvil. Este enfoque complementa los resultados de este estudio al añadir la capacidad de transmitir los resultados de la monitorización y generar notificaciones a través de la aplicación móvil.

En la investigación de Huamani Condori (2021), se sustituye un microcontrolador averiado por un PLC. La adopción del control automático y la incorporación de una HMI son también características comunes a esta investigación. Los resultados obtenidos muestran que

este enfoque consigue controlar la temperatura dentro de unos límites de error aceptables y optimizar los tiempos de proceso.

Finalmente, Huamán Chávez (2019) implementa un sistema de control automatizado utilizando un controlador Arduino y una pantalla HMI. Aunque el enfoque es diferente en cuanto a los componentes utilizados, el objetivo de garantizar una esterilización eficaz a temperaturas específicas es común a este estudio.

En general, los resultados de este estudio respaldan la importancia y la eficacia de la automatización en los procesos de esterilización en autoclaves. Los estudios relacionados aportan pruebas adicionales y enfoques complementarios para abordar retos similares en contextos diferentes. Por tanto, puede concluirse que la introducción de sistemas de control automatizados mejora la calidad, la eficacia y el cumplimiento de las normas de higiene en la esterilización de productos hidrobiológicos enlatados.

V. CONCLUSIONES

Mediante la observación directa de los procedimientos de control de los operadores, se identificaron limitaciones y deficiencias en el control manual de las autoclaves encargadas de procesar productos hidrobiológicos. Estas deficiencias incluyen una alta incidencia de errores humanos, falta de precisión en la medición de temperatura y presión, falta de monitoreo continuo de las variables críticas del proceso, falta de uniformidad en los tiempos de esterilización y dependencia de la experiencia del operador.

Se desarrolló una lógica de control PLC para adquirir y procesar las señales de temperatura y presión de la autoclave. Esto permitió diseñar un sistema automatizado para supervisar y controlar con precisión estos parámetros críticos durante el proceso de esterilización. La lógica de control PLC garantiza un control más preciso y fiable, minimiza los errores humanos y mejora la calidad del proceso.

Se ha diseñado una interfaz gráfica intuitiva y funcional en la HMI para supervisar y controlar la temperatura, la presión y el tiempo de esterilización de la autoclave. La interfaz brinda una visualización clara de las variables críticas del proceso y permite al operador realizar ajustes y tomar decisiones informadas para garantizar la eficacia y la seguridad del proceso de esterilización.

Mediante el uso de software de simulación (TIA PORTAL), se evaluó y probó el correcto funcionamiento del sistema de control automático propuesto. Los resultados de la simulación mostraron que el sistema automatizado podía realizar pruebas de hermeticidad, controlar la temperatura y la presión en las fases correspondientes del proceso de esterilización y ajustar el tiempo de exposición en función del producto.

VI. RECOMENDACIONES

Aunque este estudio se ha centrado en el diseño de sistemas de control automático basados en PLC y HMI, también es interesante explorar tecnologías más avanzadas, como la inteligencia artificial y los sistemas de control basados en redes neuronales. Estos sistemas tienen potencial para mejorar aún más la precisión y la eficiencia del control de autoclaves.

En este estudio se han realizado simulaciones del sistema propuesto. Para complementar estos resultados, sería beneficioso realizar pruebas en condiciones reales a mayor escala. Esto permitiría recoger datos reales para evaluar la aplicación práctica del sistema de control automático en la empresa y verificar su rendimiento.

Además de los beneficios en términos de control y eficacia del proceso, también puede ser importante investigar las repercusiones económicas y de calidad de la implantación del sistema de control automático. Por ejemplo, un análisis coste-beneficio y una evaluación de la mejora de la calidad del producto final.

Podrían introducirse estrategias de mantenimiento predictivo en el sistema de control automático a través de sensores adicionales para supervisar el estado de los componentes críticos de la autoclave y predecir posibles fallos y necesidades de mantenimiento.

Se recomienda investigar en el futuro la integración de sistema de control automático con otros sistemas de la empresa, como los sistemas de gestión de la producción y los sistemas de seguimiento de la cadena de suministro. De este modo se conseguirá una integración más eficaz de los procesos y se aumentará el control de todo el flujo de producción.

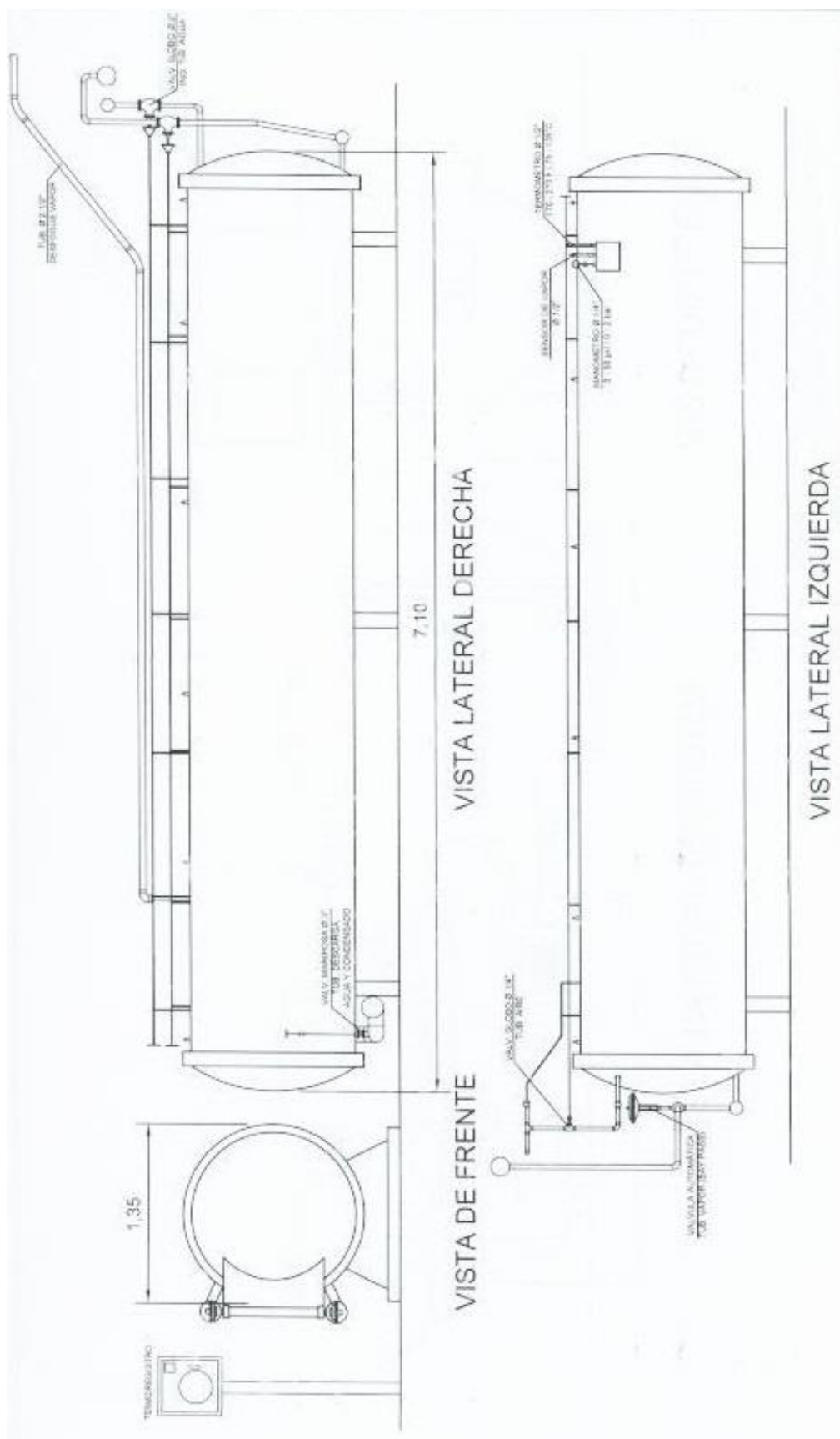
REFERENCIAS

- Almache Allaica, J. C. (2019). *Desarrollo de un sistema para el control y monitoreo de un autoclave utilizando el software de ingeniería LabVIEW para la empresa Multiservicios COESTRA* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Cabrera Chacón, C. F. (2021). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para la dosificación de cloro residual a la salida de planta 1 en la PTAP-La Atarjea, 2020* (Tesis de Grado, Universidad Tecnológica del Perú).
- Collins Amador, A. (2021). *Diseño del control de temperatura para una autoclave para aplicaciones en la industria alimenticia y esterilización de insumos médicos* (Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Baja California).
- Díaz Carbó, D. E. (2021). *Automatización de autoclave utilizada en ensayos del laboratorio de alimentos del centro regional INTI La Pampa*.
- FAO. (2021, 1 marzo). *Decreto Ley N° 25977 - Ley General de Pesca*.
[https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC001377/#:~:text=Per%C3%BA%20\(Nivel%20nacional\)-,Decreto%20Ley%20N%C2%BA%2025977%20%2D%20Ley%20General%20de%20Pesca.,un%20aprovechamiento%20responsable%20de%20recursos](https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC001377/#:~:text=Per%C3%BA%20(Nivel%20nacional)-,Decreto%20Ley%20N%C2%BA%2025977%20%2D%20Ley%20General%20de%20Pesca.,un%20aprovechamiento%20responsable%20de%20recursos).
- Fernández Cervantes, R. C. (2021). *Implementación de un sistema automatizado para mejorar el proceso de control del PH en la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa Lepsa SAC* (Tesis de Grado, Universidad Tecnológica del Perú).
- Flores Castañeda, J. I. (2023). *Implementación de rutas de mantenimiento para la reducción de fallas en los equipos críticos de una empresa farmacéutica. Prueba piloto: Autoclave*.

- Huamán Chávez, A. R. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control automático de un esterilizador de instrumentos médicos a vapor para la empresa HW Kessel SAC* (Tesis de Grado, Universidad Tecnológica del Perú).
- Huamani Condori, L. Y. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión automático para el proceso de esterilizado en la autoclave a vapor CISA 4210HB del hospital ESSALUD Moquegua* (Tesis de Grado, Universidad Privada de Tacna).
- Inversiones Prisco SAC. (2022). *PRODUCTOS DE PRESENTACIÓN. CONGELADOS*.
<https://www.iprisco.com.pe/congelados.php>
- Llapasca Guerrero, J. (2023). Sistema de supervisión en la nube para autoclaves de esterilización del hospital Santa Rosa de Piura.
- Mariño Tabraj, E. S., y Reyes Gil, R. A. (2022). Desarrollo de un sistema automático para el proceso de esterilización de enlatados para el Instituto de Desarrollo Agroindustrial INDDA.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2018). *Diversidad Hidrobiológica del Mar Peruano*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/41-sector-agrario/recursos-naturales/320-hidrobiologico>
- Naveros Mendoza, H. (2019). *Diseño de un control para el sistema de esterilización por vapor en la empresa Asepsis Perú SRL, Jesús María 2018* (Tesis de Grado, Universidad Tecnológica del Perú).
- Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (2020, 24 agosto). *Sanipes optimiza criterios sanitarios para procesamiento de productos hidrobiológicos de consumo humano directo*. <https://www.gob.pe/institucion/sanipes/noticias/295313-sanipes-optimiza-criterios-sanitarios-para-procesamiento-de-productos-hidrobiologicos-de-consumo-humano-directo>

- Pulley Muñoz, I. A., & Flores Heras, J. E. (2019). *Automatización del proceso de generación de vapor mediante un plc y una hmi para el departamento de esterilización del hospital León Becerra de Guayaquil* (Bachelor's thesis).
- Rubio Ponce, D. I. (2020). *Diseño de una autoclave para confeccionar modelos de fundición mediante la expansión de poliestireno* (Bachelor's thesis).
- Sáenz Casallas, E. M. (2017). *Ingeniera conceptual básica y de detalle para la automatización de la autoclave CONSOLIDATED STILLs & STERILIZERS modelo SR24-DMCV* (Tesis de Grado, Universidad de las Fuerzas Armadas).
- Silva Angulo, D. E. (2019). *Diseño y simulación de un autoclave en automation studio*.
- Silva Pereira, J. I. (2020). *Sistema de monitoreo remoto del ciclo de autoclave a vapor* (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello).
- STERIS Healthcare. (2021). *Autoclave Machine: Uses, Guidelines & Cost | Knowledge Center*. <https://www.steris.com/healthcare/knowledge-center/sterile-processing/everything-about-autoclaves>
- Trapsilo Rochim, Y. (2021). *Prototype optimalisasi suhu pada Autoclave berbasis Outseal Programmable Logic Control (PLC) Menggunakan Human Machine Interface (HMI)* (Tesis de Grado, Universitas Muhammadiyah Jember).

ANEXOS



DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS HIDROBIOLÓGICOS ENLATADOS EN UNA EMPRESA DE SECHURA – PIURA

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

6

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Mtro. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo
ASESOR

7

Garate Robles, Richard. "Planeamiento Estrategico del Distrito de Punta Negra.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020

Publicación

<1%



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Jorge Raúl / Manuel Isidro Altamirano García / Rodríguez Ch...
Título del ejercicio:	PREGRADO
Título de la entrega:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA E...
Nombre del archivo:	ARA_EL_PROCESAMIENTO_DE_PRODUCTOS_HIDROBIOL_GIC...
Tamaño del archivo:	5.05M
Total páginas:	64
Total de palabras:	10,266
Total de caracteres:	57,734
Fecha de entrega:	13-sept.-2023 01:14p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2165228953

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



TESIS
"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO
PARA EL PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS
HIDROBIOLÓGICOS ENLATADOS EN UNA EMPRESA DE
SECHURA - PIURA"

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO


ELABORADA POR:

Bach. Altamirano García Jorge Raúl
Bach. Rodríguez Chambergó Manuel Isidro

ASESOR:

Mtro. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo
ORCID:

LAMBAYEQUE - PERÚ
2023



Mtro. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo
ASESOR