

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



**Diseño de un sistema de control de temperatura para mejorar el
proceso de cocción en una empresa de ladrillos de Lambayeque**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

AUTORES:

Bach. Coronel Rimarichín Yoner

Bach. Ocaña Muñoz Leoncio

ASESOR:

M.Sc. Ing. Romero Cortez Oscar Ucchelly

ORCID: 0000-0002-7727-7900

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2022**

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

**Diseño de un sistema de control de temperatura para mejorar el
proceso de cocción en una empresa de ladrillos de Lambayeque**

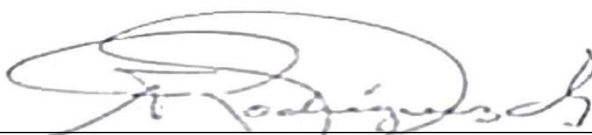
TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Aprobado por el siguiente jurado:



Ing. Ramírez Castro Manuel Javier
Presidente



M.Sc. Ing. Rodríguez Chirinos Frank Richard
Secretario



M.Sc. Ing. Pachamango Bautista Thauso Gad
Vocal

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

**Diseño de un sistema de control de temperatura para mejorar el
proceso de cocción en una empresa de ladrillos de Lambayeque**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Presentada por:



Bach. Coronel Rimarichín Yoner



Bach. Ocaña Muñoz Leoncio

ASESOR:



M.Sc. Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly

LAMBAYEQUE – PERÚ 2022



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 039-2022-D/FACFyM

Siendo las 11:00 am del día 02 de Diciembre del 2022, se reunieron vía plataforma virtual, <http://meet.google.com/yyn-dkih-mdx> los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA MEJORAR EL PROCESO DE COCCIÓN EN UNA EMPRESA DE LADRILLOS DE LAMBAYEQUE"

Designados por Resolución N° 044-2022-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 14 de enero del 2022, con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro Presidente

M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos Secretario

M.Sc. Ing. Thauso Gad Pachamango Bautista Vocal

La tesis fue asesorada por el Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez, nombrado por Resolución N°044-2022-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 14 de enero del 2022.

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N°938-2022-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 14 de noviembre del 2022.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: Leoncio Ocaña Muñoz y Yoner Coronel Rimarachin, y tuvo una duración de 40 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 16 (Dieciseis) en la escala vigesimal, mención Bueno.

Por lo que quedan aptos 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 12:10 pm se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente

M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos
Secretario

M.Sc. Ing. Thauso Gad Pachamango Bautista
Vocal

Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez
Asesor

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

(Aprobado con Res N° 626-2021-CU)

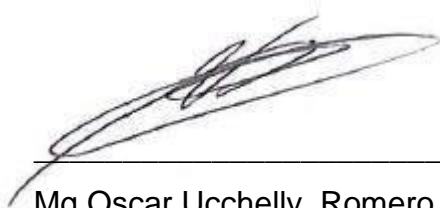
Yo, OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ, usuario revisor del documento titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA MEJORAR EL PROCESO DE COCCIÓN EN UNA EMPRESA DE LADRILLOS DE LAMBAYEQUE**

Cuyos autores son: Bach. Coronel Rimarichin Yoner identificado con DNI: 46928611 y Bach. Ocaña Muñoz Leoncio identificado con DNI: 71592951 declaro que la evaluación realizada por el programa informático ha arrojado un porcentaje de similitud de 10% verificable en el resumen de reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el recibo digital a efectos de trazabilidad respectiva del proceso

Lambayeque, 27 de agosto de 2022.



Mg.Oscar Uchelly, Romero Cortez

DNI 41812294

ASESOR

Adj.

1. Recibo Digital Turnitin firmado.
2. Vista actual con Informe de Originalidad Turnitin firmados.

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis con todo cariño y amor a nuestros padres y familiares por sus bendiciones y su apoyo constante a lo largo de nuestra carrera y nuestras vidas ya que sin ello no lo hubiéramos logrado.

Sin su guía y su sacrificio abnegado a largo de este camino difícil no hubiéramos podido superar los obstáculos a lo largo nuestra carrera profesional.

A nuestros padres y hermanos que son nuestra luz de esperanza para que cada día sigamos avanzando por eso les dedicamos nuestro trabajo y esfuerzo como ofrenda por su paciencia, y todo el trabajo conjunto y tiempo que nos han dedicado, esperamos retribuirles mientras Dios nos brinde tiempo de vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres y hermanos por acompañarnos, darnos la fuerza y con sus palabras de aliento no dejarnos decaer para completar esta tesis.

A nuestros amigos y familiares que, con su ayuda constante, su cariño y su amistad colaboraron para terminar nuestra carrera profesional que aun continuamos.

A la universidad que nos dio la bienvenida al ceno de sus aulas donde adquirimos el conocimiento y profesionalismo que hoy tenemos, las oportunidades que nos ha brindado son incomparables por lo que estamos eternamente agradecidos, a nuestros docentes, compañeros y a la universidad en general por todos los copiosos conocimientos que nos han otorgado.

A nuestros amigos y compañeros profesionales presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías, tristezas y a todas aquellas personas que a lo largo de este camino estuvieron apoyándonos para que este sueño se haga realidad

Gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1. Título.....	1
1.2. Autores	1
1.3. Asesor de especialidad	1
1.4. Línea de investigación.....	1
1.5. Lugar	1
1.6. Duración estimada del proyecto	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
2.1. Síntesis de la situación problemática	2
2.2. Formulación del problema de investigación	3
2.2.1. Problema general	3
2.2.2. Problemas específicos.....	3
2.3. Hipótesis.....	3
2.3.1. Hipótesis general	3
2.3.2. Hipótesis específicas.....	3
2.4. Objetivos	4
2.4.1. Objetivo general	4
2.4.2. Objetivos específicos.....	4

III. DISEÑO TEÓRICO.....	5
3.1. Antecedentes	5
3.1.1. Internacionales	5
3.1.2. Nacionales.....	5
3.2. Bases teóricas	6
3.2.1. Sistema de control automático.....	6
3.2.2. Medición de temperatura	8
3.2.3. Cocción de ladrillos.....	9
3.3. Operacionalización de variables.....	11
IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	12
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
4.2. Población y muestra	12
4.3. Tipo de muestreo.....	12
4.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales	12
4.5. Método de análisis de datos	13
4.6. Diseño del sistema de control de temperatura.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6.1. Diagnóstico general	14
4.6.2. Configuración para la simulación.....	16
4.6.3. Configuración del PLC.....	17
4.6.4. Configuración del HMI	21
4.6.5. Configuración del servidor web integrado	24
V. RESULTADOS.....	31
5.1. Test de monitoreo de temperatura y operación de quemadores	31
5.2. Simulación de escenarios	33
VI. CONCLUSIONES	36
VII. RECOMENDACIONES	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas de producción.....	14
Figura 2 Fábrica Ladrillos Peruanos S.A.C.	14
Figura 3 Tarea para iniciar simulación	16
Figura 4 Módulo de expansión N°1: TM3TI8	17
Figura 5 Módulo de expansión N°2: TM3TI8	17
Figura 6 Módulo de expansión N°3: TM3TI4	18
Figura 7 Lista de señales para actuadores del proceso	18
Figura 8 Modo manual.....	19
Figura 9 Modo automático.....	20
Figura 10 Panel principal.....	22
Figura 11 Panel de SETPOINT	22
Figura 12 Panel de Modo Manual.....	23
Figura 13 Panel de Receta / Modo Automático.....	23
Figura 14 Panel de Curva de Calor.....	24
Figura 15 Configuración de dirección IP.....	25
Figura 16 Configuración de Herramienta WebVisualization	25
Figura 17 Configuración de Servidor Web.....	26
Figura 18 Configuración de evento Receta en el HMI	26
Figura 19 Configuración de tarea “WebServer” en el PLC.....	27
Figura 20 Configuración para visualización de receta actual	27
Figura 21 Configuración para visualización de modo actual	28
Figura 22 Configuración para visualización de temperaturas	28
Figura 23 Configuración para visualización de curva de calor	29

Figura 24 Configuración para operación en modo manual.....	29
Figura 25 Configuración para monitoreo en modo automático.....	30
Figura 26 Forzado de temperaturas desde el PLC	31
Figura 27 Monitoreo de temperaturas en modo manual	31
Figura 28 Forzado de activación de quemadores desde el PLC	32
Figura 29 Operación de quemadores en modo manual.....	32
Figura 30 Curva de calor en modo manual.....	33
Figura 31 Monitoreo de temperaturas en el primer escenario	33
Figura 32 Monitoreo de temperaturas en el segundo escenario.....	34
Figura 33 Monitoreo de temperaturas en el tercer escenario.....	34
Figura 34 Monitoreo de temperaturas en el cuarto escenario.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Definición y operacionalización de variables	11
Tabla 2 Materiales para la investigación.....	13
Tabla 3 Configuración para la simulación	16

RESUMEN

En la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C. el proceso de cocción de ladrillos se realiza en hornos tipo túnel. El procedimiento comienza con la colocación del material seco en plataformas de cerámica para alimentar el horno continuamente en un extremo, mientras que en el otro se espera la llegada del material cocido después de unas 24 horas. Este es uno de los pasos más importantes para conseguir una gran fortaleza del ladrillo. Sin embargo, según su experiencia, los operarios se encargan de manejar las válvulas de entrada de combustible a las bombas de alimentación, poniendo en peligro su integridad física. Además, algunos ladrillos se fracturan o agrietan al finalizar el proceso de cocción, lo que supone una pérdida de producción y de ingresos. Para solucionar esta problemática se diseñó un sistema de control de temperatura basado en un PLC de 40 E/S discretas con tres módulos de entradas analógicas, 18 termocuplas tipo K, una HMI y un servidor web. En las simulaciones se pudo demostrar que las lecturas de temperatura se visualizaban en la HMI y en el servidor web. Asimismo, el control de los quemadores se realizó desde la HMI y el servidor web. El monitoreo de temperatura y el control de quemadores se realizó tanto en modo manual como automático. De esta manera se logra tener un control adecuado sobre el proceso de cocción de ladrillos, se puede reducir la participación de los operadores y evitar que se ponga en riesgo su integridad física.

Palabras clave: Sistema de control, servidor web, cocción de ladrillos.

ABSTRACT

At Ladrillos Peruanos S.A.C., the brick firing process is carried out in tunnel kilns. The procedure begins with placing the dry material on ceramic platforms to feed the kiln continuously at one end, while the other end waits for the arrival of the fired material after about 24 hours. This is one of the most important steps in achieving high brick strength. However, according to his experience, the operators are in charge of handling the fuel inlet valves to the feed pumps, endangering their physical integrity. In addition, some bricks fracture or crack at the end of the firing process, resulting in a loss of production and income. To solve this problem, a temperature control system was designed based on a 40 discrete I/O PLC with three analog input modules, 18 K-type thermocouples, an HMI and a web server. In the simulations it could be demonstrated that the temperature readings were displayed on the HMI and the web server. Likewise, burner control was performed from the HMI and the web server. The temperature monitoring and burner control was performed in both manual and automatic modes. In this way, it is possible to have an adequate control over the brick firing process, reduce the involvement of the operators and avoid putting their physical integrity at risk.

Keywords: Control system, web server, brick firing.

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA MEJORAR EL PROCESO DE COCCIÓN EN UNA EMPRESA DE LADRILLOS DE LAMBAYEQUE.

1.2. Autores

- Bach. Coronel Rimarachín Yoner.
- Bach. Ocaña Muñoz Leoncio.

1.3. Asesor de especialidad

M.Sc. Ing. Romero Cortez Oscar Ucchelly.

1.4. Línea de investigación

Control y Automatización.

1.5. Lugar

Fábrica Ladrillos Peruanos S.A.C., ubicada en la Panamericana Norte Km. 776, carretera a Lambayeque.

1.6. Duración estimada del proyecto

- Fecha de inicio: mayo 2022.
- Fecha de finalización: agosto 2022.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Síntesis de la situación problemática

Según Martínez (2020), las cualidades mecánicas de los ladrillos utilizados en la construcción son vitales para el diseño de los cimientos de cualquier estructura. Dado que los ladrillos soportan fuerzas que, en el peor de los casos, podrían romperlos si no tienen las cualidades de fabricación adecuadas, los comercializadores de ladrillos deben garantizar la calidad de sus productos.

Guerrero Gómez et. al (2020), por ejemplo, afirman que el proceso de cocción es crucial para la obtención de ladrillos de alta calidad y durabilidad, ya que permite determinar si el proceso de producción de ladrillos se llevó a cabo correctamente. Esta técnica es crucial para garantizar que el ladrillo tenga las propiedades mecánicas deseadas. Por ello, es fundamental mantener la velocidad de variación de la temperatura del horno de forma constante, ya que un descenso repentino de la temperatura podría provocar la fractura y la rotura del ladrillo.

Por ejemplo, la fábrica Ladrillos Peruanos S.A.C. es una empresa de Lambayeque que brinda diversos productos estructurales de alta calidad y resistencia. La fábrica produce los siguientes productos: ladrillos tipo pandereta rayada, pastelero, King Kong de 18 huecos (estándar), King Kong tipo IV, techo 8, techo 12, techo 15 y techo 20. En la fábrica el proceso de cocción se lleva a cabo en hornos quemadores tipo túnel. El procedimiento comienza con la colocación del material seco en plataformas de cerámica para alimentar el horno continuamente en un extremo, mientras que en el otro se espera la llegada del material cocido después de unas 24 horas. Este es uno de los pasos más importantes para conseguir una gran fortaleza del ladrillo. Sin embargo, según su experiencia, los operarios se encargan de manejar las válvulas de entrada de combustible a las bombas de alimentación, poniendo en peligro su integridad física. Además, algunos ladrillos se fracturan o agrietan al finalizar el proceso de cocción, lo que supone una pérdida de producción y de ingresos.

Por las razones expuestas, en este estudio se propone el desarrollo de un sistema de control de temperatura basado en PLC y HMI con el objetivo de disminuir la participación humana en la monitorización y operación del proceso de cocción de ladrillos. Además, se aporta como extra un servidor web integrado para la monitorización remota del proceso.

2.2. Formulación del problema de investigación

2.2.1. Problema general

¿De qué manera un sistema de control de temperatura puede mejorar el proceso de cocción en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se realiza el monitoreo y control del proceso de cocción de ladrillos en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C?
- ¿De qué manera se puede monitorear la temperatura del horno tipo túnel y controlar la operación de los quemadores sin poner en riesgo la integridad física de los operarios?
- ¿De qué manera se puede monitorear el proceso de cocción de ladrillos de forma remota y en tiempo real?

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Con un sistema de control de temperatura se puede mejorar el proceso de cocción en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C.

2.3.2. Hipótesis específicas

- El monitoreo y control del proceso de cocción de ladrillos en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C. se realiza de forma manual con base en la experiencia de los operadores.

- El monitoreo de la temperatura del horno tipo túnel y el control de la operación de los quemadores se puede realizar a través de un sistema de control automático para no poner en riesgo la integridad física de los operadores.
- El proceso de cocción de ladrillos se puede monitorear de forma remota y en tiempo real mediante un servidor web integrado.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de control de temperatura para mejorar el proceso de cocción en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C.

2.4.2. Objetivos específicos

- Describir como se realiza el monitoreo y control del proceso de cocción de ladrillos en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C. para determinar sus deficiencias.
- Diseñar un sistema de control automático para monitorear la temperatura del horno tipo túnel y controlar la operación de los quemadores en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C.
- Diseñar un servidor web integrado para monitorear el proceso de cocción de ladrillos de forma remota y en tiempo real en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C.

III. DISEÑO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

3.1.1. Internacionales

Vaca Ortega y Corrales Tapia (2021) realizaron una tesis de grado en Ecuador con el objetivo de diseñar un sistema de control automático para automatizar un horno de fundición de cobre y aluminio utilizando PLC, HMI y termopares para alcanzar temperaturas de 1200°C. Los resultados revelan que el PLC fue capaz de regular la activación y el apagado del horno para alcanzar las temperaturas de fusión de los metales. Por otro lado, la interfaz gráfica de la HMI permitió controlar las temperaturas de fusión de ambos metales, que fueron de 800°C para el aluminio y de 1200°C para el cobre.

Martínez Cueto (2020) realizó una tesis de grado en España con el objetivo de diseñar un sistema de control automatizado mediante un PLC y una HMI para supervisar y hacer funcionar un horno utilizando el software TIA Portal de Siemens. La HMI proporcionó acceso a usuarios previamente conocidos, así como la visualización y el control en tiempo real de datos analógicos y discretos, como el nivel y la temperatura.

Ruiz y Quinte (2021) realizaron una tesis de grado en Ecuador con el objetivo de diseñar un módulo de monitorización de procesos industriales utilizando un servidor WEB y el PLC LOGO. Los resultados muestran que el sistema sugerido logró monitorear remotamente los actuadores y receptores de los sistemas de prueba. También pudo adaptarse fácilmente a cualquier proceso o sistema y, lo más importante, brindó seguridad para proteger la información adquirida durante los procesos de producción de la empresa.

3.1.2. Nacionales

Becerra Anaya (2021) presentó una tesis de grado en Lima con el objetivo de realizar una renovación técnica de las máquinas de extrusión de ladrillos para aumentar la seguridad de los operarios, reducir los tiempos de fabricación y mejorar la calidad del producto. El sistema

de control automatizado basado en lógica secuencial fue implementado en un PLC y una HMI para monitorear el estado del proceso en tiempo real. Según los resultados, el sistema automatizado fue capaz de supervisar y regular las máquinas, así como de reducir el tiempo de reparación de defectos hasta en un 80%.

Curo Rimache (2021) presentó una tesis de grado en Lima con el objetivo de desarrollar un sistema de monitoreo remoto, control y transferencia automatizada de energía eléctrica en caso de anomalías o cortes de energía. Los resultados muestran que se desarrolló una solución que satisfacía las necesidades del cliente ya que mantenía el servicio eléctrico a la vez que monitoreaba, evaluaba y documentaba la calidad de la energía eléctrica de manera local y remota.

Guerrero Coronado (2020) presentó una tesis en Lambayeque con el objetivo de diseñar un sistema de control automático utilizando un PLC y una HMI para supervisar y controlar el proceso de cocción en un horno utilizando un sistema de combustión con una estrategia de control PID. Los resultados demuestran que el sistema sugerido fue exitoso en el manejo de la operación del horno, incrementando la eficiencia del mismo en un 95%, disminuyendo los desperdicios en un 12,4% y aumentando la eficiencia a un 84,5%.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Sistema de control automático

El control automático de procesos es un avance tecnológico que se produjo durante la segunda revolución industrial. El aumento de la aplicación de los procedimientos de medición y control ha dado lugar al desarrollo de la ciencia del control automático. Se utiliza ampliamente debido a que reduce el coste de las operaciones industriales, compensando el gasto en equipos de control. También elimina la mano de obra, que hace que se necesite igualmente mano de obra cualificada (Andy Tanguila y Guanoluisa Huertas, 2021).

El sistema de control automático se define como un conjunto de dispositivos físicos vinculados entre sí de manera que puedan ordenarse, guiarse o gobernarse a sí mismos o a otro sistema (Campozano Pin y Velecela Arias, 2021). Estos sistemas emplean tecnología para supervisar y regular procesos y generar un producto final sin requerir la continua participación humana (Custodio Flores y Valdivia Saldaña, 2020).

Los sistemas de control pueden ser de lazo abierto o de lazo cerrado, dependiendo de si la acción de control depende de la salida del sistema a controlar (Bouchakri Zaamy, 2021).

En el sistema de control de lazo abierto la salida no genera efecto alguno en la acción de control, es decir, la salida no se monitoriza ni se envía de vuelta para contrastarla con la entrada de modo que el controlador cambie el estado de control. Estas propiedades hacen que estos sistemas sean sencillos y rápidos de instalar; no obstante, la precisión está en función de la calibración previa del sistema (Bouchakri Zaamy, 2021). Sin embargo, el sistema no completará la tarea si se producen perturbaciones. En la práctica, el control en lazo abierto se emplea solo cuando se tiene conocimiento de la relación entre la entrada y la salida, y no existan perturbaciones que afecten al sistema (González Huamán, 2021).

Los sistemas de control de lazo cerrado también se conocen como sistemas de control de retroalimentación, aunque las palabras control de retroalimentación y control de lazo cerrado se utilizan indistintamente en la práctica. Para disminuir el error y dirigir la salida del sistema a un valor previsto, el controlador recibe una señal de control, que es proporcional a la diferencia entre la señal de referencia y la señal de retroalimentación (González Huamán, 2021).

En un sistema de control, la actividad básica de un controlador consiste en ampliar, integrar o derivar la información de entrada, o realizar una suma con algunas de estas operaciones. Por ello, en los procesos se suelen utilizar controladores proporcionales (P), proporcionales - integrales (PI), proporcionales - derivativos (PD) y proporcionales - integrales

- derivativos (PID). En determinadas circunstancias, se emplea el control de dos posiciones conocido como ON – OFF (Díaz Romero, 2021).

Además, la gran mayoría de controladores en el sector industrial funcionan con electricidad o con la presión de aire. También se clasifican en función del tipo de energía que emplean en su funcionamiento: neumático, hidráulico o electrónico. El tipo de controlador que se va a utilizar debe seleccionarse en función de las características y de las condiciones de funcionamiento de la planta, incluyendo la seguridad, el coste, la disponibilidad, la fiabilidad, la precisión, el peso, entre otros (Díaz Romero, 2021).

3.2.2. Medición de temperatura

En mercado actual se puede encontrar una gran diversidad de dispositivos utilizados para la medición de temperatura.

Los termopares son dispositivos que necesitan un contacto directo entre la superficie que se va a medir y la unión del termopar, que está formada por dos hilos de diferentes metales soldados en un extremo y genera una tensión que fluctúa con la temperatura. Para leer este aparato se utiliza un voltímetro calibrado según el par de metales utilizado en el sensor (Muñoz Díaz, 2021).

Los termómetros de resistencia son resistencias cuya medición se ve afectada por la temperatura de los metales utilizados para construir las piezas del sensor. Estos sensores tienen un gran rango de funcionamiento así como una gran precisión, ya que pueden detectar hasta $0,005^{\circ}\text{C}$, y se utilizan como patrones de calibración para otros termómetros debido a estas propiedades así como a su simplicidad (Medina Claros et al., 2021)

Los termistores son semiconductores, lo que significa que tienen una mayor resistencia que los materiales conductores pero una menor resistencia que los materiales aislantes. La relación entre la temperatura y la resistencia de un termistor viene determinada principalmente por los materiales utilizados en su construcción. Como esta es la característica más importante

para los clientes de los termistores, el fabricante suele decidirla con gran precisión. La "curva" resistencia/temperatura de los materiales compuestos viene determinada por su relación exacta. Esta relación suele ser controlada cuidadosamente por los fabricantes, ya que influye en el rendimiento del termistor (Rangel Gutiérrez y Vega Muñoz, 2020).

Un termómetro bimetalico es un aparato que mide la temperatura. Utiliza una tira bimetalica para traducir la temperatura del medio en un desplazamiento mecánico. La tira bimetalica está compuesta por dos metales distintos con diferentes coeficientes de expansión térmica. Los termómetros bimetalicos se emplean en aparatos domésticos como los acondicionadores de aire y los hornos, así como en aparatos industriales como calentadores, cables calientes y refinerías. Son un método sencillo, duradero y rentable para medir la temperatura (Instrumentos WIKA S.A., 2020)

Un pirómetro es un dispositivo utilizado para medir altas temperaturas, como las que se encuentran en los hornos. La mayoría de los pirómetros funcionan detectando la radiación del cuerpo que se está midiendo. La ventaja de utilizar dispositivos de radiación es que no se requiere tocar o tener contacto directo con el objeto que se está midiendo. Los pirómetros ópticos, por ejemplo, miden la temperatura de cosas incandescentes comparándolas visualmente con un filamento ardiendo de temperatura regulable. La radiación de un objeto caliente se enfoca hacia una termopila, un conjunto de termopares, que crea una tensión eléctrica basada en la radiación interceptada en un pirómetro de radiación elemental. Esta tensión eléctrica puede convertirse en la temperatura del objeto caliente con la calibración adecuada (Zurita Canchignia, 2020).

3.2.3. Cocción de ladrillos

Esta técnica consiste en someter a los ladrillos previamente secados a altas temperaturas durante un periodo de tiempo prolongado con el objetivo de convertir un elemento de arcilla con pobres propiedades mecánicas en un producto acabado con excelente resistencia y

durabilidad. La cocción no sólo consigue los atributos físicos y mecánicos óptimos del ladrillo, sino también su aspecto final. Dependiendo del tipo de fabricación o de la tecnología utilizada, se emplean muchos tipos de hornos en este paso. Los hornos intermitentes con suelo y paredes laterales y los hornos de fuego continuo tipo Hoffman son los dos tipos principales de hornos (Guerrero Gómez et al., 2020).

La temperatura utilizada para el proceso de cocción puede oscilar entre los 900°C y los 1400°C, dependiendo de las propiedades que se busquen para el producto final. Por ello, el control de la curva de cocción o calor es fundamental, ya que muchas de las cualidades del ladrillo dependen de ella. Cuando no se regula la temperatura surgen problemas en el ladrillo durante el calentamiento y el enfriamiento, ya que pueden surgir fuerzas que provoquen fracturas o grietas (Martínez Cueto, 2020).

Los vestigios de humedad restantes se eliminan durante la primera fase del fuego, que oscila entre 110°C y 260°C. Hasta que se alcanzan las temperaturas de 425°C a 650°C, generalmente no se aprecian cambios. Cuando el horno alcanza temperaturas entre 425°C y 650°C, la arcilla libera el agua porque pierde su capacidad de formar una masa con el agua y ya no puede ser moldeada, pero la resistencia y la porosidad de la arcilla permanecen inalteradas (Guerrero Gómez et al., 2020).

Antes de alcanzar las temperaturas de vitrificación de 800°C a 900°C, es necesario quemar todos los materiales orgánicos para lograr la oxidación de las pirritas de hierro, así como para completar los demás procesos de formación de gas. El proceso de vitrificación, también conocido como fusión, se produce cuando la temperatura se eleva de 900°C a 1000°C, y la porosidad se reduce al comenzar la compactación por recocido (Martínez Cueto, 2020).

La vitrificación se produce cuando un líquido llena los espacios porosos y se congela al enfriarse la arcilla, reduciendo la porosidad y aumentando la resistencia. A medida que aumenta la temperatura, se forma más líquido hasta que se produce la vitrificación total a

1400°C. A temperaturas más altas, no se produce ni la compactación ni la disminución de la porosidad, sino que se produce la fusión, aumentando aún más la resistencia (Guerrero Coronado, 2020).

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Definición y operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Instrumento
Sistema de control (Independiente)	Se define como un conjunto de componentes físicos vinculados entre sí de manera que puedan ordenarse, guiarse o gobernarse a sí mismos o a otro sistema (Campozano Pin y Velecela Arias, 2021)	Esta variable se medirá mediante simulaciones.	Sistema monitoreo	HMI y Servidor web
			Sistema de procesamiento	PLC
Proceso de cocción (Dependiente)	El proceso de cocción consiste en eliminar toda la humedad restante presente en los ladrillos después del proceso de secado (Guerrero Gómez et al., 2020).	Esta variable se medirá mediante simulaciones.	Monitoreo de temperatura Control de quemadores	Sistema de control, sensores y actuadores

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Esta investigación es del tipo aplicada porque busca resolver un problema específico empleando recursos tecnológicos del rubro industrial. El nivel o alcance es aplicativo porque el diseño propuesto permite supervisar y controlar el proceso de cocción de ladrillos de modo manual y automático. El diseño es experimental porque se manipularon las variables empleando software de simulación.

4.2. Población y muestra

Horno tipo túnel empleado en el proceso de cocción de la Fábrica Ladrillos Peruanos S.A.C., ubicada en la Panamericana Norte Km. 776, carretera a Lambayeque.

4.3. Tipo de muestreo

No probabilístico intencional.






4.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

Como técnica se empleó el análisis de documentos para obtener información de artículos, tesis y libros relacionados con el diseño de sistemas de control de temperatura y el proceso de cocción de ladrillos. Otra técnica empleada fue la observación y se utilizó para analizar como los operadores monitorean y controlan el proceso de cocción de ladrillos en el horno tipo túnel.

Como equipo se utilizó un laptop de 8 GB de RAM con sistema operativo Windows 10 donde se ejecutaron los softwares SoMachine V4.3 y Vijeo Designer V6.2 de Schneider Electric. Los softwares se utilizaron para programar el PLC y diseñar la interfaz gráfica de la HMI respectivamente.

En la Tabla 2 se muestra la lista de materiales empleados para el diseño del sistema de control de temperatura del horno tipo túnel.

Tabla 2*Materiales para la investigación*

Ítem	Material	Cantidad	Referencia	Foto
1	PLC	1	TM241CE40T	
2	Módulo de entradas analógicas	2	TM3TI8	
3	Módulo de entradas analógicas	1	TM3TI4	
4	Termopares	18	TC54	
5	HMI	1	HMIGTO4310	

4.5. Método de análisis de datos

Para la simulación del sistema de control de temperatura en modo local y automático se utilizaron los softwares SoMachine V4.3 y Vijeo Designer V6.2 de Schneider Electric. En los softwares se simulaban cuatro escenarios posibles para monitorear la temperatura y controlar los quemadores del horno tipo túnel ingresando los valores de setpoint de temperatura y el rango de histéresis desde la HMI. Las simulaciones sirvieron para recrear las condiciones de funcionamiento de cada escenario. Asimismo, se crearon tres recetas configurables en la HMI para controlar el encendido y apagado de los quemadores. Finalmente, toda la información del proceso de cocción de ladrillos se pudo monitorear desde la HMI y el servidor web integrado en tiempo real y de forma remota.

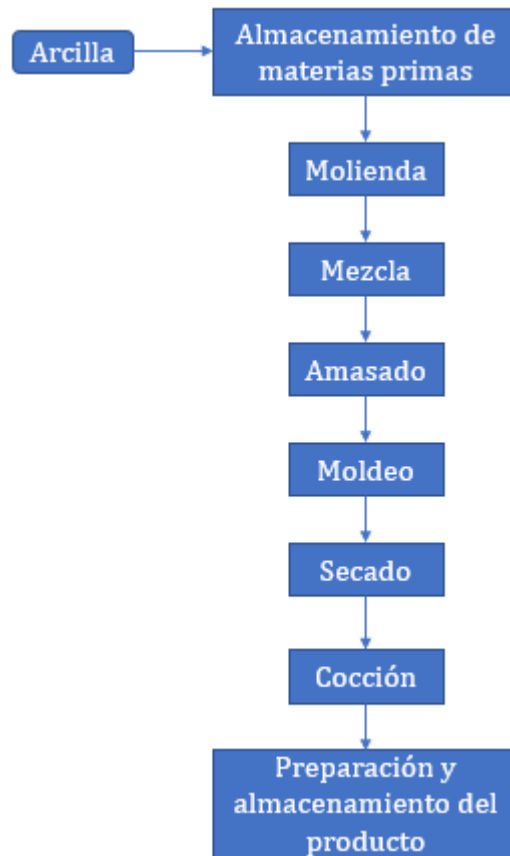
4.6. Procedimiento

4.6.1. Diagnóstico general

Las etapas del proceso de producción de ladrillos se muestran en la Figura 1.

Figura 1

Etapas de producción



Fuente: Fábrica Ladrillos Peruanos S.A.C.

Figura 2

Fábrica Ladrillos Peruanos S.A.C.



Fuente: Fábrica Ladrillos Peruanos S.A.C.

A continuación, se realizará una breve descripción de cada una de las etapas de producción, poniendo énfasis en la etapa de cocción.

Almacenamiento: La arcilla se extrae y se transporta en camión hasta las instalaciones, donde se descarga y se almacena hasta que pueda comenzar la fabricación.

Molienda: El procedimiento de molienda muele la arcilla hasta alcanzar el tamaño de partícula y la textura necesarios para las fases posteriores.

Mezcla: En función de la calidad necesaria, la arcilla triturada se mezcla con diversas adiciones. Los operarios deben adherir arena, carbonato de bario, carbonato de calcio micronizado y poliestireno, entre otros elementos.

Amasado: En este punto, la arcilla debe tener un nivel de humedad del 12% al 15% para formar una mezcla de arcilla homogénea. El contenido de agua de la mezcla de arcilla también se ajusta en este paso mediante el uso de vapor.

Moldeo: En esta etapa se emplea una máquina extrusora que moldea la pasta de arcilla forzándola a salir por un orificio.

Secado: Antes de la cocción, el contenido de humedad del ladrillo es reducido en esta etapa. Para eliminar la humedad, se utiliza el secado artificial con fuentes de calor como quemadores que calientan el aire y lo difunden por el espacio.

Cocción: Esta es una etapa importante en el proceso de fabricación de ladrillos. La cocción confiere al ladrillo las propiedades mecánicas necesarias. También es en esta etapa donde se puede determinar si las etapas anteriores (amasado, moldeo y secado) se han realizado correctamente o no. Los hornos utilizados pueden considerarse como una conexión en cascada de tres intercambiadores de calor. Estos intercambiadores de calor corresponden a las tres zonas de funcionamiento de los hornos: precalentamiento, cocción y enfriamiento.

4.6.2. Configuración para la simulación

Antes de instalar y proceder a configurar los dispositivos de control y monitoreo, se simulan los posibles escenarios bajo los que puede trabajar e interactuar el sistema de control con el horno tipo túnel. Es por ello que se configuró una tarea en el PLC que se encarga de declarar variables enteras como lecturas de los sensores de temperatura conectados a los módulos de ampliación de entradas analógicas.

Tabla 3

Configuración para la simulación

Variable	Accionamiento	Tipo	Función
Habilitar_simulacion	Desde HMI	Booleana	Cuando es 1, habilita la simulación de escenarios desde el controlador. Cuando es 0, el sistema de control trabaja bajo parámetros reales.
scene_1...scene_4	Desde HMI	Booleana	Cuando es 1, habilita la simulación de variables de temperatura para un determinado escenario. Cuando es 0, el sistema de control trabaja bajo parámetros reales.
simu_1...simu_4	Desde PLC	Booleana	Cuando es 1, confirma la simulación de variables de temperatura para un determinado escenario. Cuando es 0, el sistema de control trabaja bajo parámetros reales.
simu_1...simu_34	Desde PLC	Entero	Variable derivada del valor de SETPOINT de temperatura para cada sensor, luego de una operación matemática interna definida por el escenario simulado.

Se condiciona a que los escenarios de simulación sean solo funcionales si el bit de “Habilitar_Simulacion” se encuentra activado, el mismo que se comanda desde la HMI.

Figura 3

Tarea para iniciar simulación



4.6.3. Configuración del PLC

Para la lectura de los sensores y control de actuadores se empleó el PLC Modicon TM241CE40T de Schneider Electric.

Entradas del proceso

Lo primero que se debe tener claro para la configuración del PLC son los datos que se recogerán del proceso a través de los sensores y como se controlará a través de actuadores para obtener el calor deseado dentro del horno tipo túnel.

Sensores: Se medirá la temperatura haciendo uso de 18 termocuplas tipo K los cuales serán procesados por dos módulos de expansión de entradas analógicas TM3TI8 y un módulo TM3TI4.

Figura 4

Módulo de expansión N°1: TM3TI8



Canales				
Variable	Asignación	Canal	Dirección	Tipo
Entradas				
Temperatura1		IW0	%IW3	INT
Temperatura2		IW1	%IW4	INT
Temperatura3		IW2	%IW5	INT
Temperatura4		IW3	%IW6	INT
Temperatura5		IW4	%IW7	INT
Temperatura6		IW5	%IW8	INT
Temperatura7		IW6	%IW9	INT
Temperatura8		IW7	%IW10	INT

Figura 5


Módulo de expansión N°2: TM3TI8



Canales				
Variable	Asignación	Canal	Dirección	Tipo
Entradas				
Temperatura9		IW0	%IW15	INT
Temperatura10		IW1	%IW16	INT
Temperatura11		IW2	%IW17	INT
Temperatura12		IW3	%IW18	INT
Temperatura13		IW4	%IW19	INT
Temperatura14		IW5	%IW20	INT
Temperatura15		IW6	%IW21	INT

Figura 6

Módulo de expansión N°3: TM3TI4



Canales					
Variable	Asignación	Canal	Dirección	Tipo	
Entradas					
Temperatura17		IW0	%IW27	INT	
Temperatura18		IW1	%IW28	INT	
		IW2	%IW29	INT	
		IW3	%IW30	INT	

Salidas del proceso

Habiendo definido los valores a leer se debe precisar el tipo de señal que intervendrá en el actuador para modificar la temperatura dentro del horno. Al hacer uso de quemadores industriales de una etapa y control de llama por ionización, el PLC debe enviar una señal discreta o digital para encender cada quemador. Se comandarán nueve quemadores industriales, los cuales están ubicados a lo largo del horno tipo túnel y la señal se les enviará desde las salidas digitales del PLC.

Figura 7

Lista de señales para actuadores del proceso

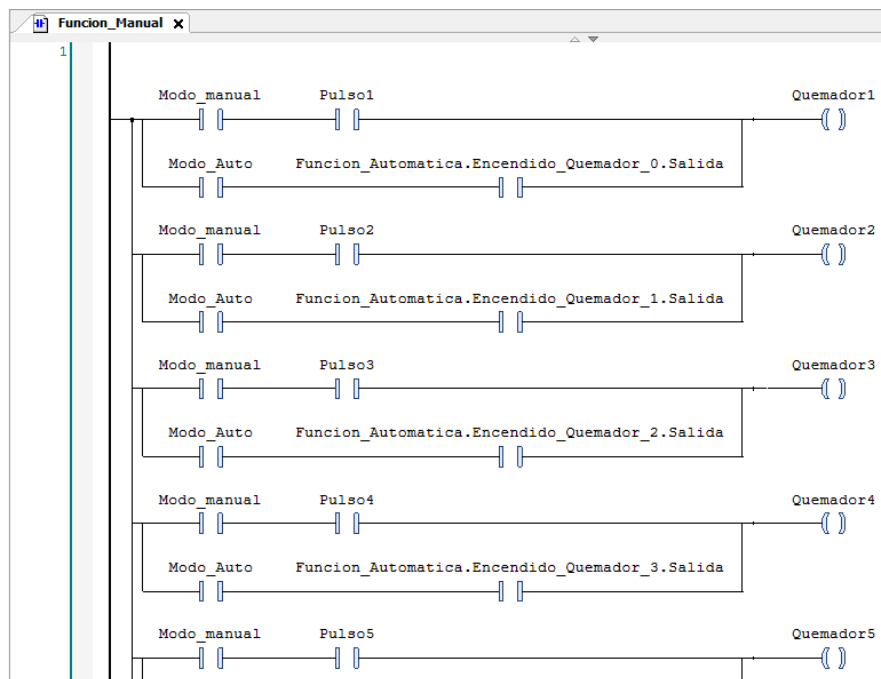
DQ x							
Asignación E/S		E/S de configuración					
Canales							
Variable	Asignación	Canal	Dirección	Tipo	Valor predeterminado	Unidad	Descripción
Salidas							
		QW0	%QW0	WORD			
		Q0	%QX0.0	BOOL			Salida rápida,...
		Q1	%QX0.1	BOOL			Salida rápida,...
		Q2	%QX0.2	BOOL			Salida rápida,...
		Q3	%QX0.3	BOOL			Salida rápida,...
Quemador1		Q4	%QX0.4	BOOL			Salida de relé
Quemador2		Q5	%QX0.5	BOOL			Salida de relé
Quemador3		Q6	%QX0.6	BOOL			Salida de relé
Quemador4		Q7	%QX0.7	BOOL			Salida de relé
Quemador5		Q8	%QX1.0	BOOL			Salida de relé
Quemador6		Q9	%QX1.1	BOOL			Salida de relé
Quemador7		Q10	%QX1.2	BOOL			Salida de relé
Quemador8		Q11	%QX1.3	BOOL			Salida de relé
Quemador9		Q12	%QX1.4	BOOL			Salida de relé
Sirena		Q13	%QX1.5	BOOL			Salida de relé
		Q14	%QX1.6	BOOL			Salida de relé
		Q15	%QX1.7	BOOL			Salida de relé

Programación de funcionamiento manual/automático

Tras declarar las entradas y salidas para el sistema de control, apoyándonos en el editor de lenguaje Ladder del software Logic Builder, configuraremos el procesamiento de señales en el PLC para un funcionamiento en modo manual y modo automático. Teniendo en cuenta que para la demostración del funcionamiento del sistema de control se simularán los posibles escenarios en el proceso de cocción de ladrillos mediante el accionamiento de los nueve quemadores.

Figura 8

Modo manual



Modo manual

En el modo de funcionamiento manual el operario debe poder activar individualmente cada quemador. Para el control ON/OFF de cada quemador industrial intervienen cuatro variables booleanas.

Modo_manual: Bit de activación de modo manual, debe estar en “true” para poder mandar un pulso de forma manual a la salida digital del PLC.

Modo_Auto: Bit de activación de modo automático, debe estar en “true” para que se envíe un pulso de forma automática a la salida digital del PLC. El tiempo de activación/desactivación del pulso automático

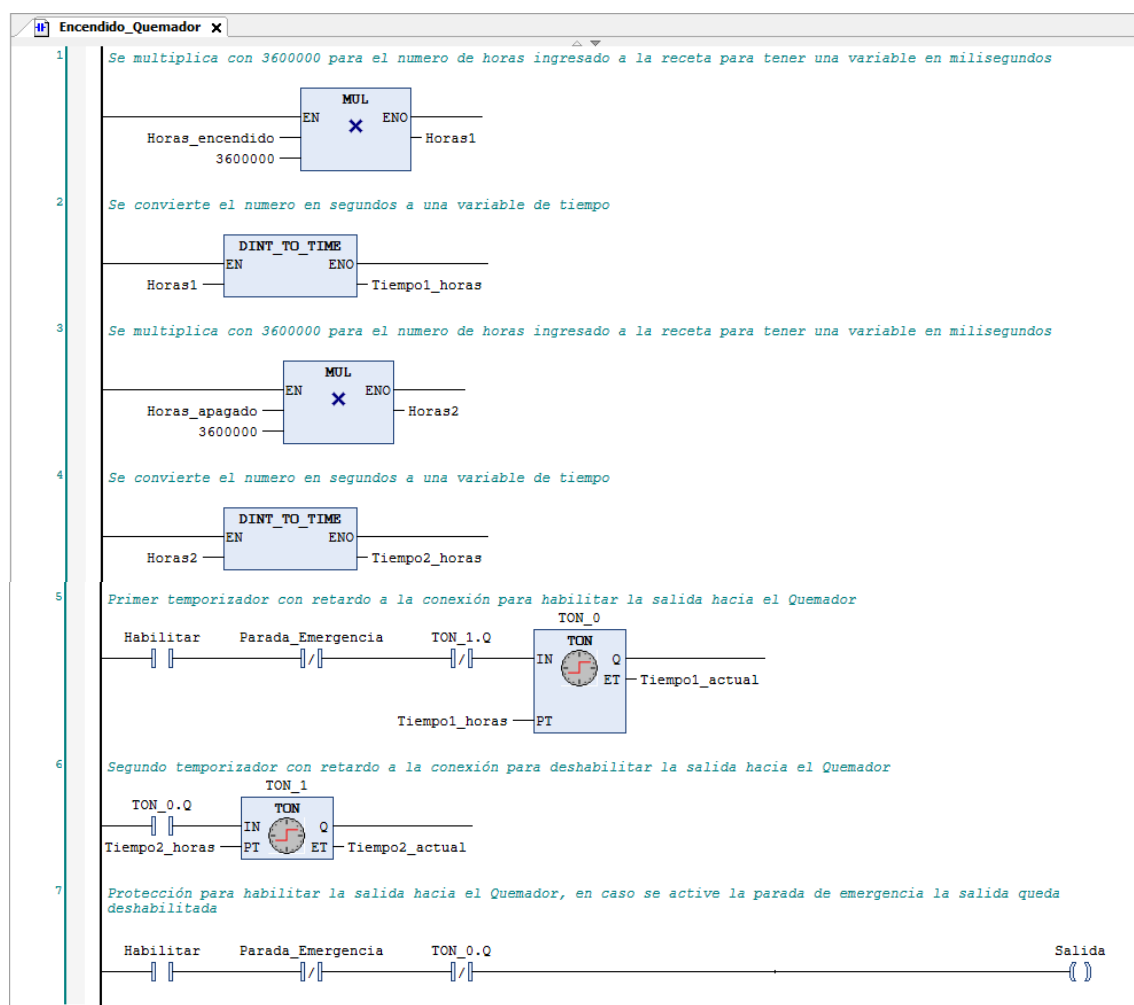
Pulso1: Bit de activación directa en modo manual de quemador desde terminal táctil HMI.

Funcion_Automatica.Encendido_Calentador_1. Salida: Bit de salida del bloque funcional de encendido y apagado automático del quemador por horas programadas.

Modo automático

Figura 9

Modo automático



El funcionamiento automático se ejecuta en un bloque de funciones dentro del PLC configurado en lenguaje Ladder, el cual será usado para el control de cada quemador. Las horas registradas por el bloque de función son ingresadas desde el panel “Receta” del terminal gráfico.

4.6.4. Configuración del HMI

Para la interacción del operario con la máquina, se hará uso del terminal gráfico Magelis HMIGTO4310 de Schneider Electric.

Panel principal

Selector Manual-0-Automático: Se configuró un símbolo para activar los bits de modo de funcionamiento.

Indicador de temperatura mínima: Se configuró un símbolo de advertencia para la temperatura mínima, el cual se activa si alguna de las temperaturas está por debajo del SETPOINT establecido.

Indicador de temperatura ideal: Se configuró un símbolo de confirmación en el escenario ideal, en el cual las temperaturas leídas están dentro del rango de HISTERESIS establecido para SETPOINT.

Indicador de temperatura elevada: Se configuró un símbolo de alarma para la temperatura elevada, el cual se visualiza si las temperaturas leídas exceden al rango de HISTERESIS establecido para el SETPOINT.

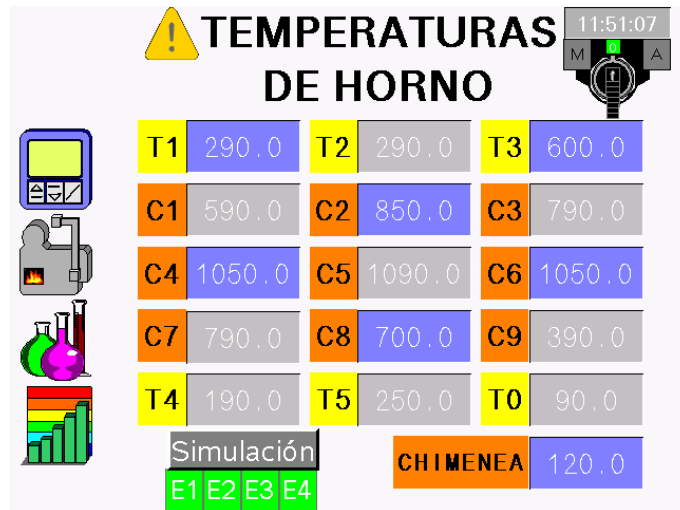
Botón de simulación: Se configuró un símbolo que activa el bit de simulación de escenarios para pruebas de funcionamiento antes de descargar el programa en el PLC.

Botones de escenarios de simulación: Se configuraron 4 escenarios, los cuales son activados por bits desde el panel principal. El primer escenario simula la mitad de temperaturas leídas por debajo del SETPOINT deseado, el segundo escenario simula la mitad de las temperaturas elevadas por encima del SETPOINT deseado, el tercer escenario simula todas las

temperaturas dentro del rango ideal y el cuarto escenario coloca todas las temperaturas elevadas.

Figura 10

Panel principal

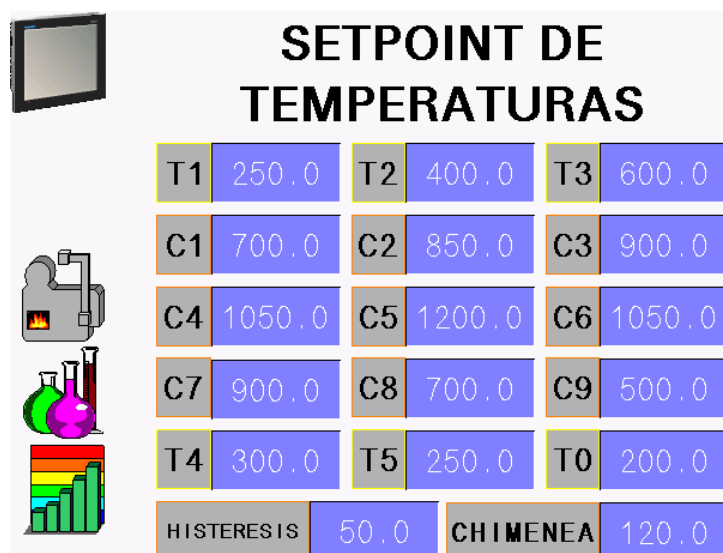


Panel de SETPOINT

Indicador numérico: Se configuró un indicador numérico con introducción de variable habilitada, para que el operario configure el SETPOINT de cada zona del horno y la histéresis a considerar para temperaturas mínimas y máximas.

Figura 11

Panel de SETPOINT



Panel de Modo Manual

Los bits de Pulso1 al Pulso9 son activados o desactivados por medio botones configurados en la pantalla Magelis haciendo uso del software VIJEEO DESIGNER.

Figura 12

Panel de Modo Manual

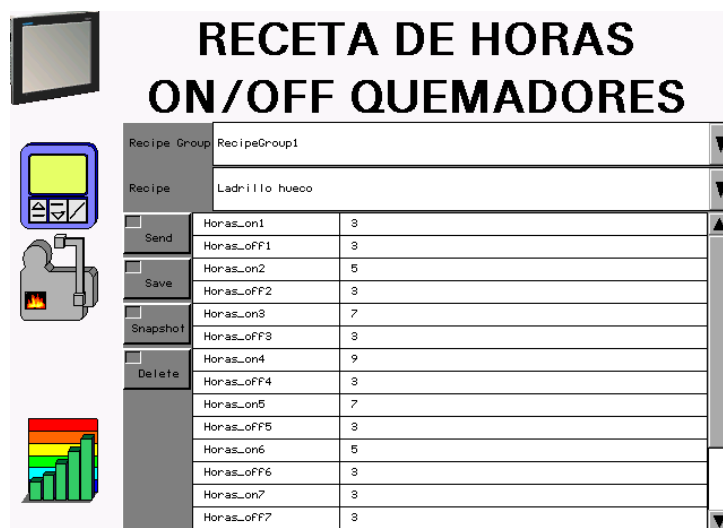


Panel de Receta/Modo Automático

Receta: Se configuró una receta para registrar los valores de horas de encendido y apagado para cada quemador.

Figura 13

Panel de Receta / Modo Automático



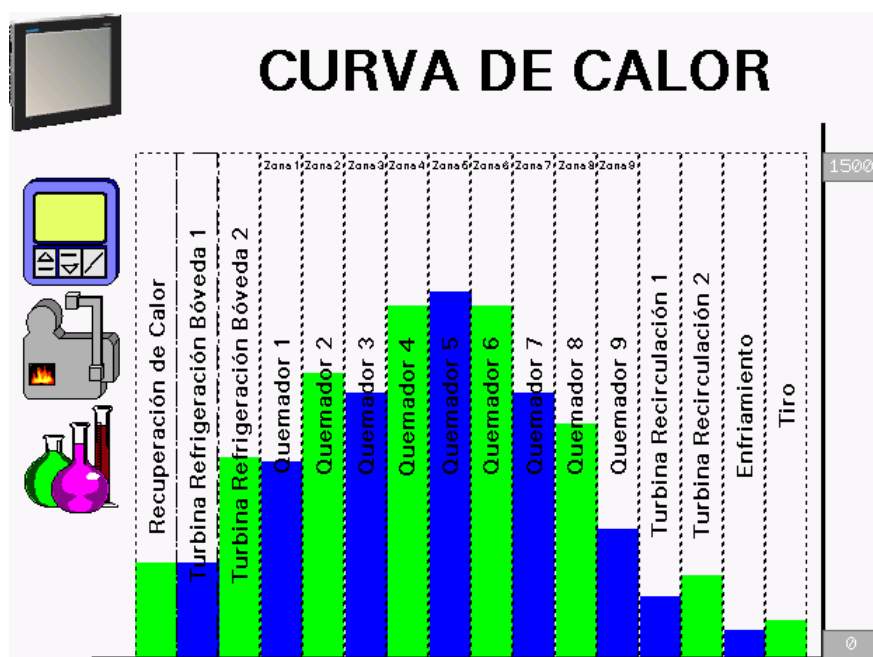
Panel de Curva de Calor

Barras gráficas: Se configuraron símbolos de barras para la visualización de la temperatura actual en cada zona del horno túnel.

Escala: Se configuró un indicador numérico con introducción habilitada, para que el operario modifique el rango de lectura de las temperaturas en el horno.

Figura 14

Panel de Curva de Calor



4.6.5. Configuración del servidor web integrado

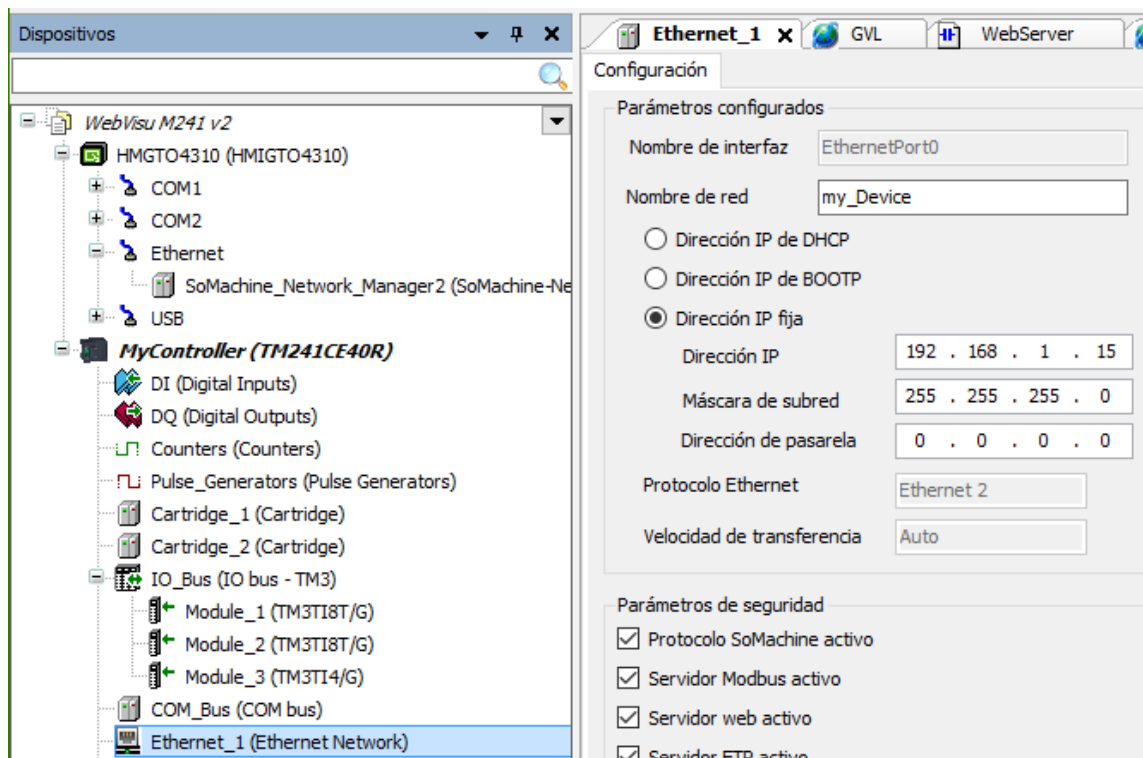
Como valor agregado se implementó un servidor web para el monitoreo remoto del funcionamiento del horno en modo automático y el accionamiento de los quemadores de forma manual.

Configuración de dirección IP

Se configura una dirección IP fija para el controlador dentro de la red local. La dirección IP es 192.168.1.15 con máscara de subred 255.255.255.0.

Figura 15

Configuración de dirección IP

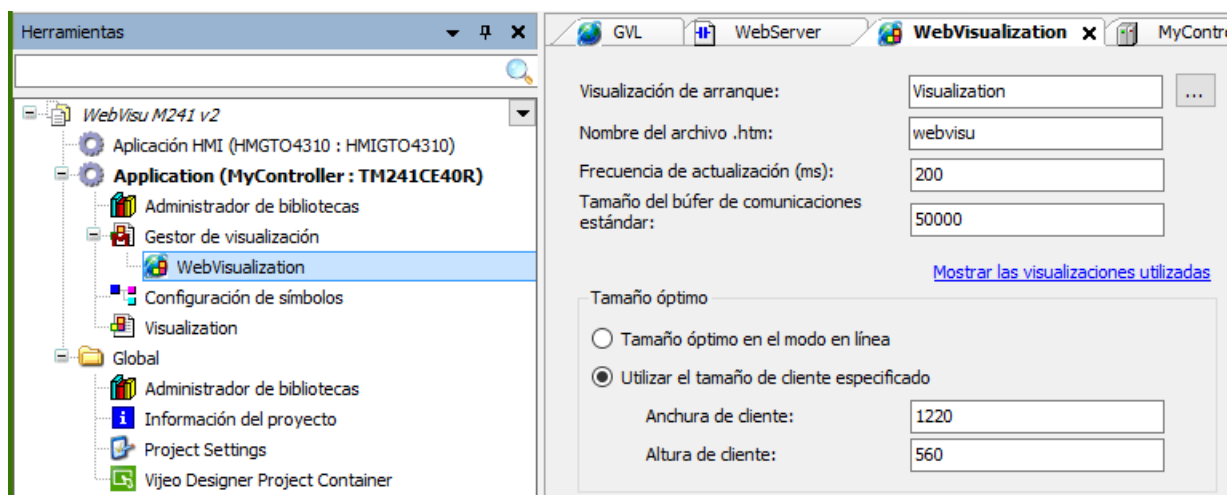


Herramienta WebVisualization

A través de la herramienta “WebVisualization” se configura el archivo htm que se ejecutara en el servidor web. El enlace de ingreso es: 192.168.1.15: 8080/webvisu.htm.

Figura 16

Configuración de Herramienta WebVisualization



Personalización gráfica del Servidor Web

Se configuran gráficos en el servidor web para interactuar como monitoreo remoto del funcionamiento automático de la línea de secado de ladrillos y operar remotamente el accionamiento manual de los quemadores si es requerido.

Figura 17

Configuración de Servidor Web

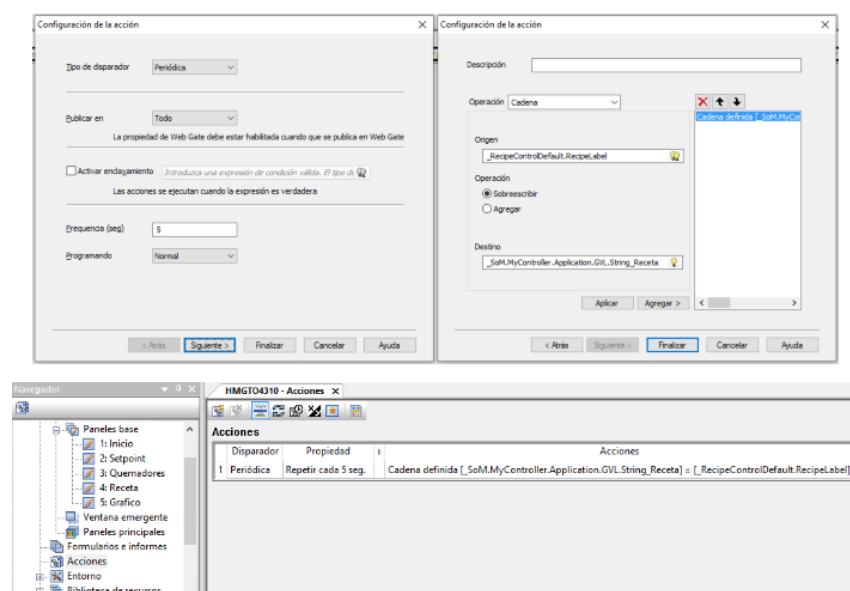


Configuración de evento “Receta” en el HMI

Se configura una acción periódica, la cual actualiza cada 5 segundos el valor de la cadena a mostrar en el visualizador del servidor web.

Figura 18

Configuración de evento Receta en el HMI

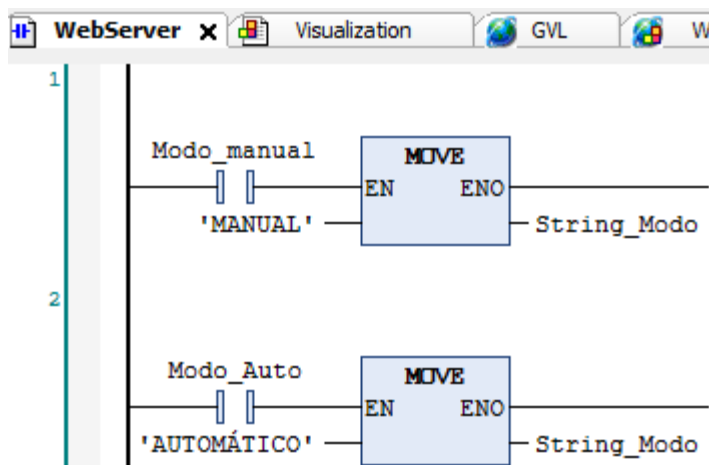


Configuración de tarea “WebServer” en el controlador M241

En el controlador se configura una tarea para mostrar valores del tipo cadena en el servidor web personalizado correspondientes al modo actual del funcionamiento.

Figura 19

Configuración de tarea “WebServer” en el PLC

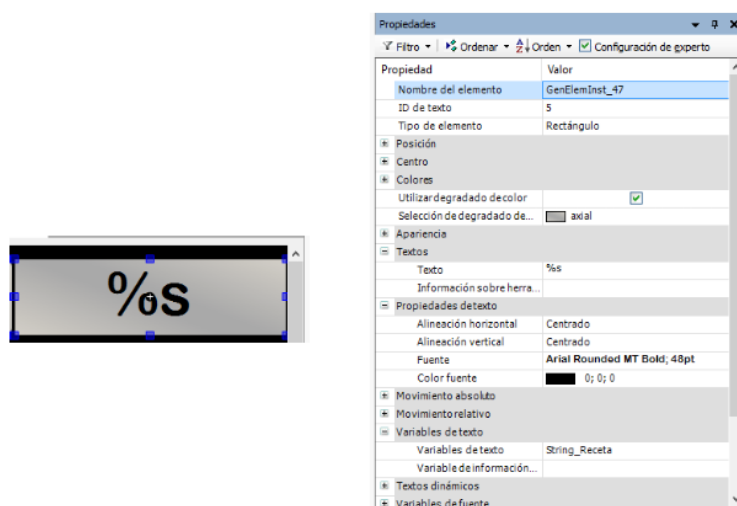


Visualización de receta actual

Se configura un objeto gráfico “rectángulo” para que muestre una variable de texto dinámica, correspondiente al “label” de la receta bajo la que está funcionando el modo automático actualmente.

Figura 20

Configuración para visualización de receta actual

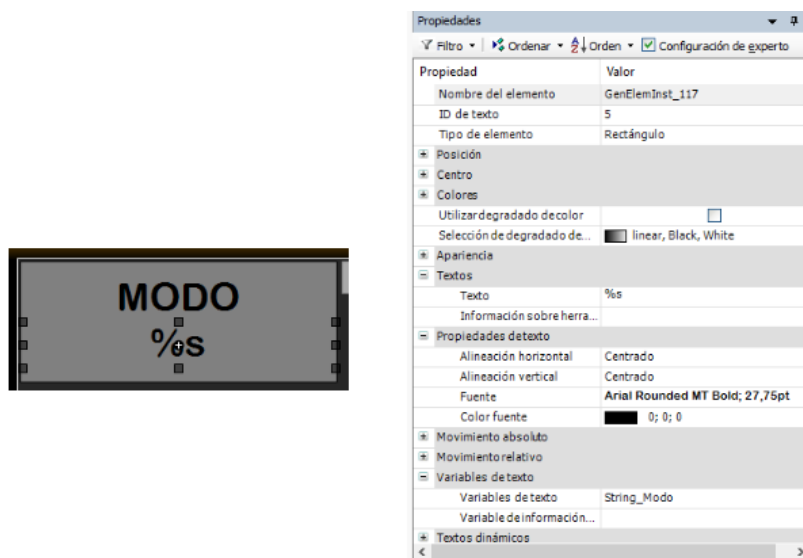


Visualización de modo actual

Se configura un objeto gráfico “rectángulo” para que muestre una variable de texto dinámica, correspondiente al “label” del modo de funcionamiento del sistema de control.

Figura 21

Configuración para visualización de modo actual

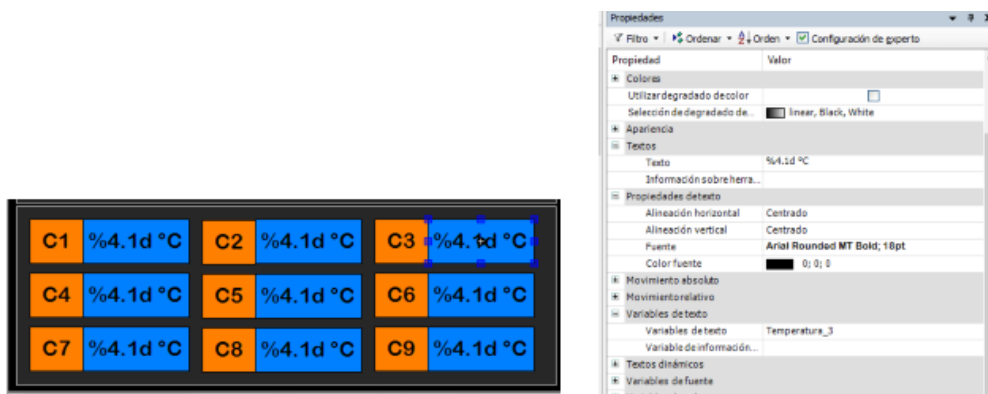


Visualización de temperaturas

Se configura un objeto gráfico “rectángulo” para que muestre una variable decimal dinámica, correspondiente al valor de la temperatura de la zona 1 hasta la zona 9 del horno túnel.

Figura 22

Configuración para visualización de temperaturas

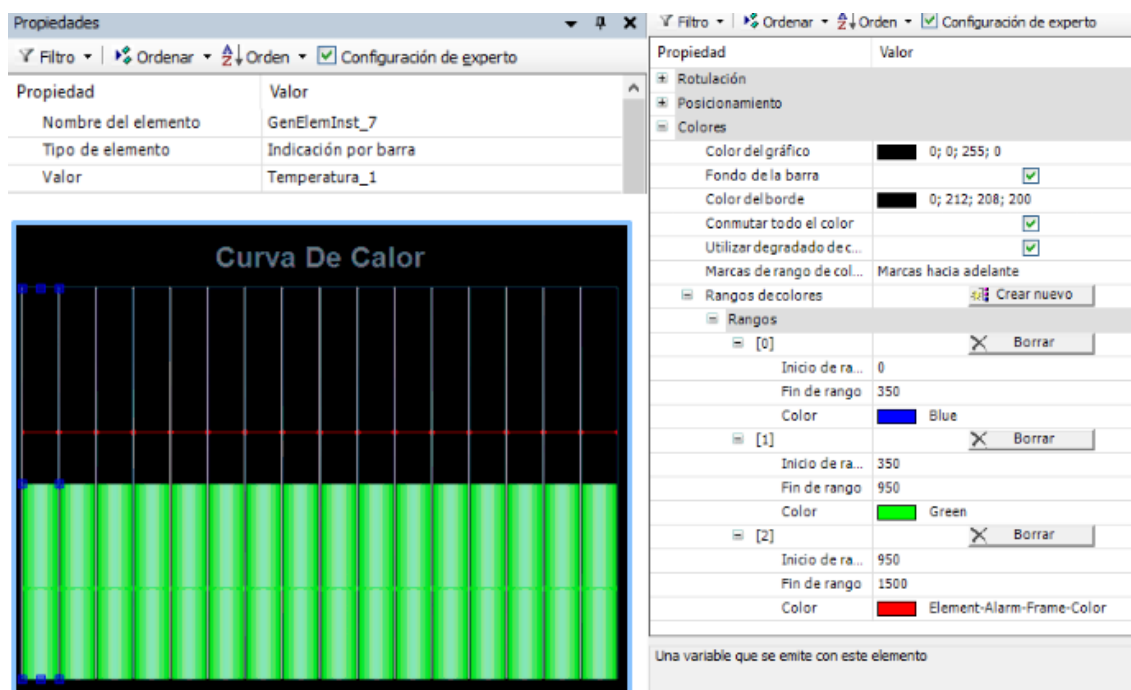


Visualización de curva de calor

Se configura un grupo de barras enlazadas con las temperaturas monitoreadas en el horno tipo túnel, para que el supervisor remoto vea que cada zona está dentro de los parámetros.

Figura 23

Configuración para visualización de curva de calor



Operación en modo manual

Configuración de 9 objetos de tipo “toggle” para accionar de forma remota los quemadores del 1 al 9 en el horno que solo son visibles y accionables en el modo de operación manual.

Figura 24

Configuración para operación en modo manual



Monitoreo en modo automático

Configuración de “pilotos” para visualización remota de los quemadores activos del 1 al 9 del horno tipo túnel.

Figura 25

Configuración para monitoreo en modo automático



V. RESULTADOS

5.1. Test de monitoreo de temperatura y operación de quemadores

En la Figura 26 se puede observar que se han forzado los valores de temperatura desde el controlador.

Figura 26

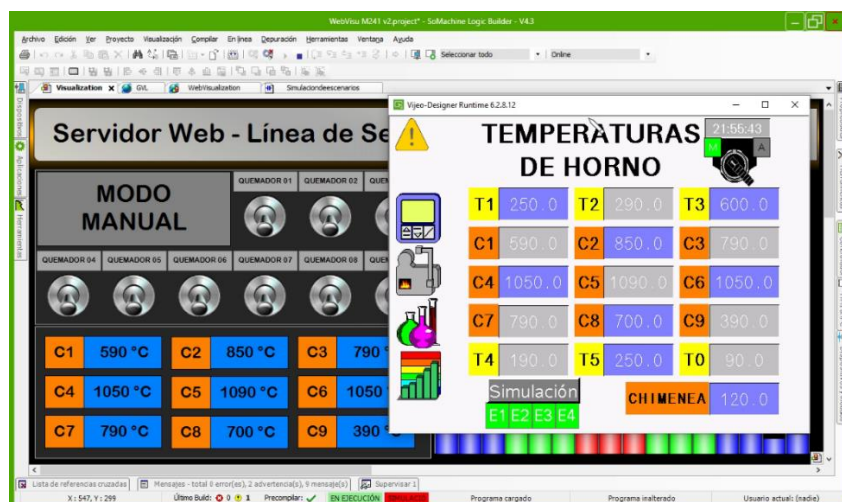
Forzado de temperaturas desde el PLC



En la Figura 27 se muestra la pantalla del HMI (derecha) que monitorea de forma local las temperaturas en el horno tipo túnel y la sección del servidor web (izquierda) que monitorea de forma remota las temperaturas.

Figura 27

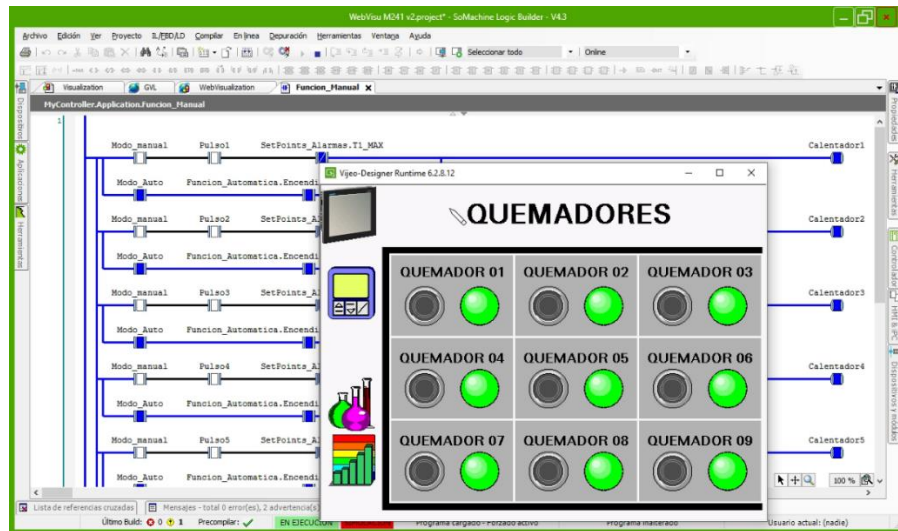
Monitoreo de temperaturas en modo manual



En la Figura 28 se puede observar que se ha forzado la activación de los nueve quemadores desde el controlador.

Figura 28

Forzado de activación de quemadores desde el PLC



En la Figura 29 se muestra la operación manual de cada quemador de forma independiente activado remotamente desde el servidor web (izquierda) y de la HMI (derecha) como control en modo local.

Figura 29

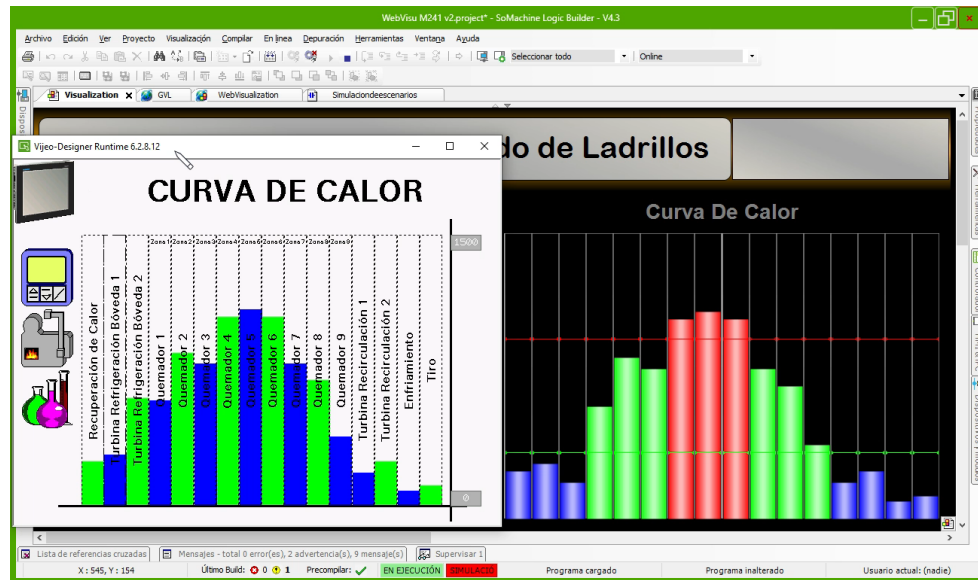
Operación de quemadores en modo manual



En la Figura 30 se muestra el monitoreo de la curva de calor durante el proceso de cocción de los ladrillos de forma local desde la HMI (izquierda) y remota desde el servidor web (derecha).

Figura 30

Curva de calor en modo manual



5.2. Simulación de escenarios

Figura 31

Monitoreo de temperaturas en el primer escenario

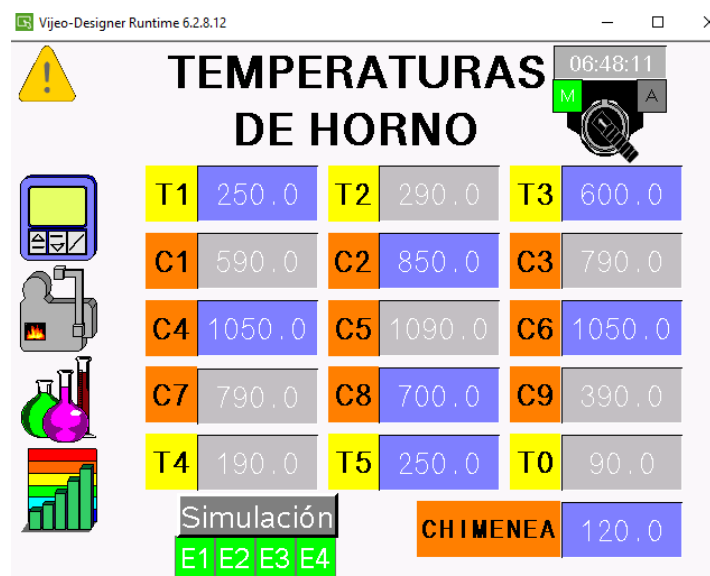


Figura 32

Monitoreo de temperaturas en el segundo escenario

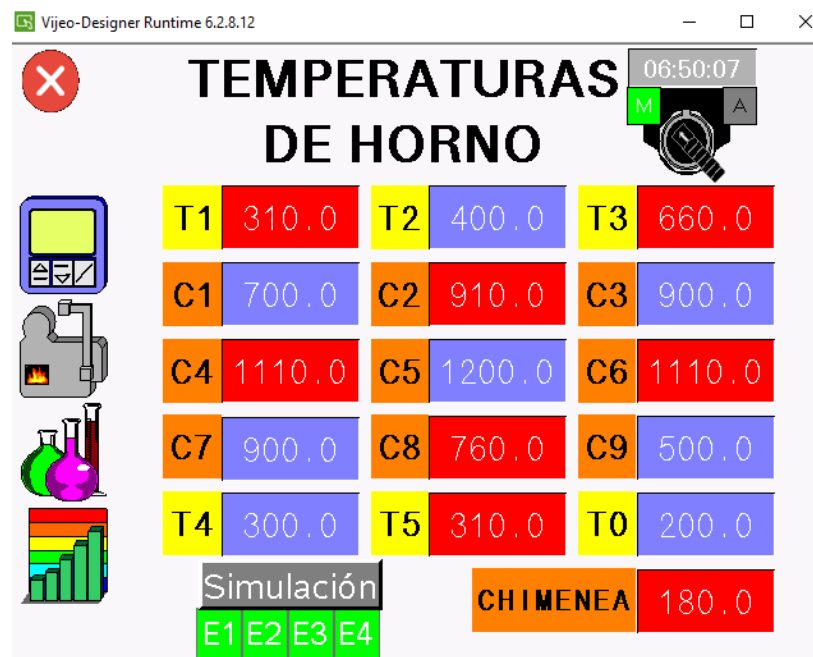


Figura 33

Monitoreo de temperaturas en el tercer escenario

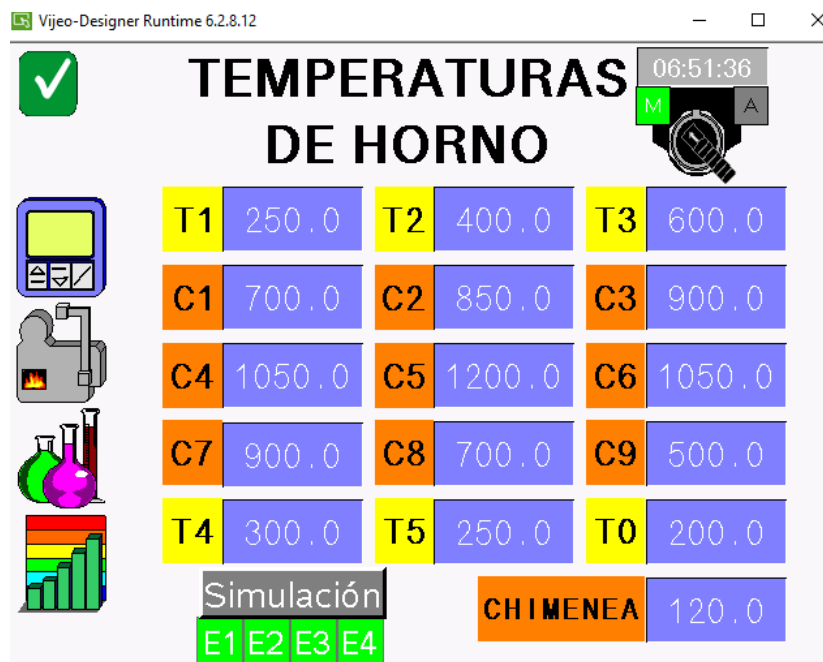
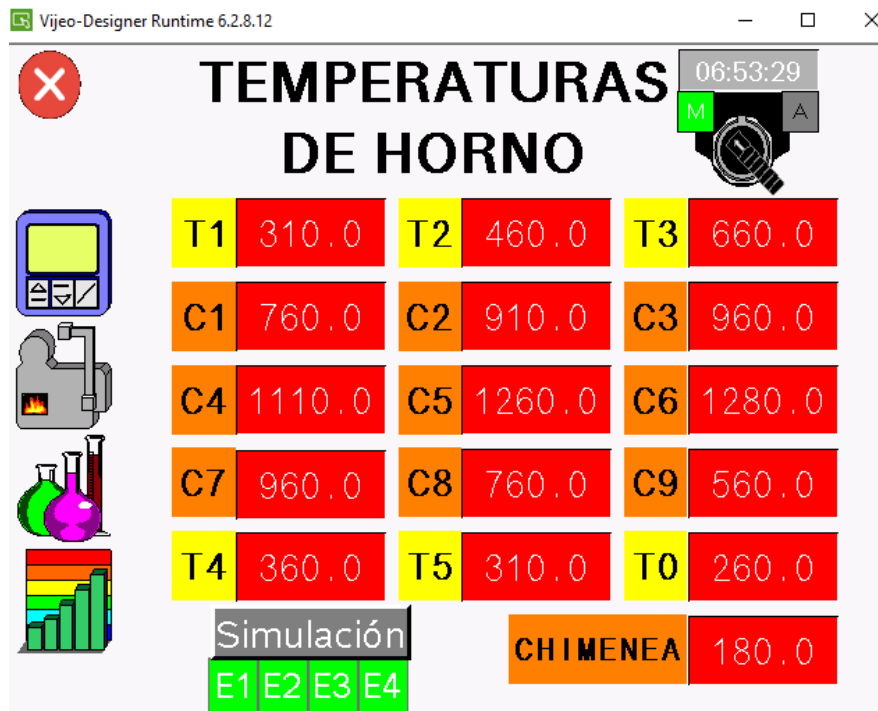


Figura 34

Monitoreo de temperaturas en el cuarto escenario



VI. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones con base en los objetivos planteados en la investigación:

- **Describir como se realiza el monitoreo y control del proceso de cocción de ladrillos en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C. para determinar sus deficiencias.**

Se logró determinar que el monitoreo y control del proceso de cocción de ladrillos en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C. se realiza de forma manual basado en la experiencia de los operadores. Sin embargo, esta estrategia de control pone en riesgo la integridad física de operador, genera errores y provoca que algunos ladrillos se fracturan o agrietan al finalizar el proceso de cocción.

- **Diseñar un sistema de control automático para monitorear la temperatura del horno tipo túnel y controlar la operación de los quemadores en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C.**

Se logró diseñar un sistema de control de temperatura para la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C. Las simulaciones demostraron que el sistema de control pudo monitorear la temperatura del horno tipo túnel y controlar la operación de los quemadores. De esta manera, es posible reducir la participación de los operadores, eliminar los errores del control manual y evitar los riesgos de accidentes.

- **Diseñar un servidor web integrado para monitorear el proceso de cocción de ladrillos de forma remota y en tiempo real en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C.**

Se logró diseñar un servidor web integrado para monitorear de forma remota y en tiempo real el proceso de cocción en la empresa Ladrillos Peruanos S.A.C. Las simulaciones demostraron que el servidor web pudo monitorear la temperatura del horno tipo túnel y el estado de los quemadores tanto en modo manual como automático.

VII. RECOMENDACIONES

Al concluir la investigación se recomienda:

Agregar un registro histórico de producción, fallas, alarmas de ladrillos en la HMI para luego integrarlos al servidor web.

Integrar alarmas visuales y sonoras en campo para mantener al tanto a los operadores sobre el estado del proceso de cocción de ladrillos

Obtener el modelo matemático del proceso de cocción de ladrillos para aplicar una estrategia de control en lazo cerrado.

REFERENCIAS

- Andy Tanguila, J. J., y Guanoluisa Huertas, E. E. (2021). *Diseño e implementación de un módulo experimental para simular procesos de control industrial, en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus La Matriz en el periodo 2020-2021* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi).
- Becerra Anaya, H. (2021). *Implementación de un sistema de innovación tecnológica a máquinas extrusoras de ladrillos con PLC y monitoreo CX-ONE*. Repositorio institucional - URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4053>
- Bouchakri Zaamy, A. (2021). *Diseño e implementación de una aplicación de control de proceso industrial sobre pantalla HMI*. (Tesis de Licenciatura, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Curo Rimache, V. A. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de transferencia automática de energía eléctrica con interruptor de acoplamiento de barras para selección de cargas esenciales, monitoreo y control*.
- Custodio Flores, E. M., y Valdivia Saldaña, M. A. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de control por lazo cerrado para el proceso de selección y empaquetado de limones utilizando comunicación LI-FI*.
- Guerrero Gómez, G., Noriega Sánchez, C. J. y Afanador García, N. (2020). *Cocción de ladrillos macizos en hornos a fuego dormido y continuo y determinación de sus propiedades mecánicas*. Revista colombiana de tecnologías de avanzada (RCTA), 1(35), 65-72. <https://doi.org/10.24054/16927257.v35.n35.2020.3919>
- Gonzales Huamán, A. G. (2021). *Implementación de sistema de monitoreo y control de gas propano en apoyo a la seguridad de la plataforma de envasado en la empresa Lima Gas SA, distrito de Wanchac-Cusco*.

- Guerrero Coronado, M. D. (2020). *Propuesta de diseño de un sistema automatizado en la etapa de cocción para mejorar la productividad de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E. I. R. L.* <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3932>
- Instrumentos WIKA S.A. (2020). Termómetro bimetalico.
https://www.wika.es/tg54_es_es.WIKA
- Martínez Cueto, Á. (2020). *Control y Monitorización de un horno y un depósito con controladores Siemens S7- 1200 y pantalla advance.*
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/44852>
- Medina Claros, W. A., Buitrago Beltrán, C. D. y Alfonso Gaitán, J. D. (2021). *Diseño y construcción de un banco interactivo tipo industrial para implementar varias estrategias de control de temperatura mediante un PLC y adquisición de datos mediante ThingSpeak y MySQL.* <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3112>
- Muñoz Díaz, C. A. (2021). *Diseño y simulación de un sistema de monitoreo para un proceso de control de temperatura mediante PLC e IoT para la empresa Educatia.*
<http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/4958>
- Rangel Gutiérrez, M. A. y Vega Muñoz, D. L. (2021). *Diseño e implementación de prácticas de Automatización Industrial utilizando el Autómata PLC S7-1200 mediante la Planta de Procesos EPC.* <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20092>
- Ruiz, C. y Quinte, J. (2021). *Monitoreo de Procesos Industriales a través del Servidor Web del Controlador logo v8.* Revista Nexos Científicos ISSN, 2773, 7489.
- Vaca Ortega, G. A. y Corrales Tapia, C. R. (2021). *Automatización de un horno para fundición de aluminio y cobre: automation of a furnace for aluminium and copper casting.* Tse'De, 4(1), Article 1.
<http://www.tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/article/view/61>

Zurita Canchignia, A. V. (2020). *Desarrollo de un controlador de temperatura en lazo cerrado para los hornos rotativos de la empresa Frigomacz Cía. Ltda.*

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18589>

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA MEJORAR EL PROCESO DE COCCIÓN EN UNA EMPRESA DE LADRILLOS DE LAMBAYEQUE

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.unprg.edu.pe:8080

Fuente de Internet

1%

3

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

5

Submitted to Universidad Senor de Sipan

Trabajo del estudiante

<1%

6

wiki2.org

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

electronicaunimag.blogspot.com

Fuente de Internet

<1%



9	repositorio.unab.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.usil.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Trabajo del estudiante	<1 %
12	anticapitalistasenlaotra.blogspot.fr	Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unprg.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
14	1library.co	Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo





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:	Leoncio Ocaña Muñoz
Título del ejercicio:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PA...
Título de la entrega:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PA...
Nombre del archivo:	ROCESO_DE_COCCION_EN_UNA_EMPRESA_DE_LADRILLOS_DE...
Tamaño del archivo:	3.13M
Total páginas:	53
Total de palabras:	7,678
Total de caracteres:	41,625
Fecha de entrega:	27-ago.-2022 04:50p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	1887954516

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



TESIS
"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
TEMPERATURA PARA MEJORAR EL PROCESO DE
COCCIÓN EN UNA EMPRESA DE LADRILLOS DE
LAMBAYEQUE"

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

ELABORADA POR:

Bach. Coronel Rimarichín Yoner

Bach. Ocaña Muñoz Leoncio

ASESOR:

M.Sc. Ing. Romero Cortez Oscar Uccelly

LAMBAYEQUE – PERÚ
2022