

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Diseño de un sistema de control de temperatura para el proceso de climatización de
tiendas Ripley Trujillo - 2023

Línea de investigación: Robótica y automatización avanzada

Autores:

Muñoz Pérez, Renato Joseph

Medina Siles, Juan Carlos

Jurado evaluador:

Presidente: Linares Vertiz, Saul Noe

Secretario: Vargas Diaz, Luis Alberto

Vocal: León Cerna, Alejandro Martin

Asesor:

De La Cruz Rodríguez, Oscar Miguel

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9207-8558>

Trujillo – Perú

2024

Fecha de sustentación: 24/04/05

Diseño de un sistema de control de temperatura para el proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo - 2023

por Renato Muñoz Pérez & Juan Medina Siles

Fecha de entrega: 10-sep-2024 12:40a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2230191968

Nombre del archivo: Informe_de_tesis.pdf (6.12M)

Total de palabras: 9435

Total de caracteres: 55606



Miguel De La Cruz Rodríguez
Ms. Miguel De La Cruz Rodríguez
Ingeniero Electrónico
CIP 85598

Diseño de un sistema de control de temperatura para el proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo - 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

15% INDICE DE SIMILITUD	14% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	8% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------


Ms. Oscar Miguel de la Cruz Rodríguez
Ingeniero Electrónico
CIP 85596

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	www.grafiati.com Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	2%
5	www.systemair.com Fuente de Internet	2%
6	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	1%
7	documents.tips Fuente de Internet	1%
8	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	myslide.es Fuente de Internet	1%
10	dokumen.pub Fuente de Internet	1%
11	vdoc.pub Fuente de Internet	1%
12	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
13	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas Apagado Excluir coincidencias < 1%
Excluir bibliografía Activo


Ms. Oscar Miguel de la Cruz Rodríguez
Ingeniero Electrónico
CIP 85596

Jurado de sustentación Oral



Ms. Ing. LINARES VERTIZ SAUL NOE
N° CIP 142213
Presidente



Ms. Ing. VARGAS DIAZ LUIS ALBERTO
N° CIP 104175
Secretario



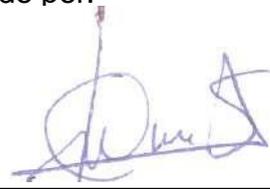
Ms. Ing. LEÓN CERNA ALEJANDRO MARTIN
N° CIP 177967
Vocal

Entregado el:

Aprobado por:



MUÑOZ PÉREZ RENATO JOSEPH
DNI: 72387567



MEDINA SILES JUAN CARLOS
DNI: 72238707



Ms. Ing. DE LA CRUZ RODRÍGUEZ OSCAR MIGUEL
N° CIP 85598
Asesor

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Diseño de un sistema de control de temperatura para el proceso de climatización de
tiendas Ripley Trujillo - 2023

Línea de investigación: Robótica y automatización avanzada

Autores:

Muñoz Pérez, Renato Joseph

Medina Siles, Juan Carlos

Jurado evaluador:

Presidente: Linares Vertiz, Saul Noe

Secretario: Vargas Diaz, Luis Alberto

Vocal: León Cerna, Alejandro Martin

Asesor:

De La Cruz Rodríguez, Oscar Miguel

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9207-8558>

Trujillo – Perú

2024

Fecha de sustentación: 24/04/05

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Oscar Miguel De La Cruz Rodríguez, docente del Programa de Estudio de Pregrado de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis titulada **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE TIENDAS RIPLEY TRUJILLO - 2023”**, de los autores Renato Joseph Muñoz Pérez y Juan Carlos Medina Siles.

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 15 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 10 de setiembre del 2024.

- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE TIENDAS RIPLEY TRUJILLO - 2023”** y no se advierte indicios de plagio.

- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 01 de abril de 2024



DE LA CRUZ RODRÍGUEZ OSCAR MIGUEL:

DNI: 40545044

ORCID: 0000-0001-9207-8558



Muñoz Pérez, Renato Joseph

DNI: 72387567



Medina Siles, Juan Carlos

DNI: 72238707

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. A mis queridos padres, Luis y Doris, les debo todo lo que soy. Su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio han sido los pilares que han sostenido cada paso de este camino académico. A mi amada hermana Claudia, aunque ya no esté físicamente presente, su luz y ejemplo siguen iluminando mi vida. Agradezco todo recuerdo compartido con ella, cada risa, cada consejo; su ausencia deja un vacío imposible de llenar, pero su amor incondicional y recuerdos perdura en mí y en cada logro que alcanzo. A Lesly, mi compañera de vida lo largo de toda esta travesía, agradezco infinitamente tu apoyo incondicional, tu aliento constante.

A los cuatro, mi gratitud eterna. Este logro lleva impreso su amor, legado y apoyo constante. Siempre estarán presentes en cada logro, en cada paso, en cada sueño cumplido.

Con mucho cariño y agradecimiento,

Renato Muñoz Pérez

DEDICATORIA

A Dios, por ser el eje fundamental en mi vida y al cual le debo todos mis logros, por su infinito amor y bondad, por sostenerme en los momentos difíciles y darme las fuerzas necesarias para alcanzar mis sueños. A mis amados padres, Bernardino y Margarita quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado a alcanzar mis metas. Por su inmenso amor, sacrificio y apoyo incondicional en toda mi formación académica.

A ellos dedico este logro como resultado de su entrega y amor inquebrantable, siempre los llevaré presente en cada momento de mi vida.

Con mucho cariño

Juan Carlos Medina Siles

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi querida madre, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sabios consejos han sido mi ancla en esta travesía académica. Tu sacrificio y dedicación han sido la fuente de mi fortaleza y determinación.

A mi padre, ejemplo vivo de trabajo arduo y constancia, agradezco tus consejos y el cariño expresado a tu manera. Tus enseñanzas han sido pilares en mi formación, guiándome hacia la senda del esfuerzo y la perseverancia.

A mi asesor de tesis, gracias por tu inquebrantable apoyo, orientación y disposición ante cada duda y observación. Tu guía ha sido crucial en el desarrollo de este proyecto académico.

A los distinguidos docentes del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada Antenor Orrego, agradezco profundamente sus enseñanzas y amistad a lo largo de este camino. Vuestra dedicación ha sido clave en mi formación profesional y personal.

A mi compañero de tesis, amigo y colega en quien confío plenamente. Reconozco tu potencial y te animo a creer en ti mismo tanto como yo creo en ti. Juntos hemos compartido desafíos y triunfos, y sé que tienes un futuro brillante por delante.

Este logro, primero en manos de Dios y luego con el invaluable aporte de cada uno de ustedes, ha marcado un hito imborrable en mi vida académica y personal.

Con gratitud eterna,

Renato Muñoz Pérez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor desmedido y sus infinitas bendiciones a lo largo de toda mi vida.

A mi querida madre, la cual con su amor y entrega constante ha sido fuente de mi superación personal y profesional. Tus sabios consejos y motivación me han ayudado a alcanzar mis logros.

A mi padre, ejemplo de disciplina, optimismo y trabajo arduo, agradezco tu dedicación, cariño y tus consejos brindados. Siempre serás mi ejemplo a seguir.

A mi asesor de tesis, gracias por el apoyo, durante todo este arduo camino y compartir con nosotros alegrías y fracasos.

Este logro, primero en manos de Dios y gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Con gratitud eterna,

Juan Carlos Medina Siles

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es realizar el diseño de control de temperatura para el proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo - 2023

En principio en el trabajo se describen los aspectos del diseño de investigación y justificación del estudio, para luego presentar las bases teóricas que permita comprender el control de temperatura para el proceso de climatización. Luego de presentar los materiales y procedimientos de la investigación se procede a detallar la problemática del proceso de climatización. A partir del análisis de la información obtenida se evalúan aspectos técnicos para realizar el control de temperatura dentro del proceso de climatización a través de un controlador lógico programable, sensor de temperatura PT100, y un variador de velocidad.

Por último, a través del control PID de temperatura para el proceso de climatización se muestra la respuesta del sistema a perturbaciones de 4°C y se observa que ante las perturbaciones el tiempo de respuesta es de 40s.

Palabras Claves: controlador, proceso, control PID

ABSTRACT

The objective of this work is to carry out the temperature control design for the air conditioning process of Ripley Trujillo stores - 2023

Initially, the work describes the aspects of the research design and justification of the study, and then presents the theoretical bases that allow understanding temperature control for the air conditioning process. After presenting the research materials and procedures, the problems of the air conditioning process are detailed. Based on the analysis of the information obtained, technical aspects are evaluated to carry out temperature control for the air conditioning process through a programmable logic controller, PT100 temperature sensor, and a speed variator.

Finally, through the PID temperature control for the air conditioning process, the response of the system to disturbances of 4°C is shown and it is observed that in the event of disturbances the response time is 40s.

Keywords: controller, process, PID control

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

De conformidad con lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, ponemos a su disposición el informe de tesis titulado “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE TIENDAS RIPLEY TRUJILLO - 2023**” para que sea revisado y evaluado y de ser aprobado pueda ser defendido oralmente para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico.

De antemano, nos excusamos de los errores involuntarios en que se hubiera incurrido en el desarrollo y redacción del misma, esperando del honorable jurado un justo dictamen.

Muñoz Pérez, Renato Joseph
Medina Siles, Juan Carlos

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
PRESENTACIÓN.....	xiii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	1
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Justificación del estudio.....	5
II. MARCO DE REFERENCIA.....	5
2.1. Antecedentes del estudio.....	5
2.2. Marco teórico.....	11
2.3. Marco conceptual.....	19
2.4. Sistema de hipótesis.....	19
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	21
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	21
3.2. Población y muestra del estudio.....	21
3.3. Diseño de investigación.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	22
3.5. Procesamiento y análisis de la investigación.....	22

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	23
4.1. Propuesta de investigación (si la hubiere).....	23
4.2. Análisis e interpretación de resultados.....	57
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de la variable independiente	20
Tabla 2: Dirección de la programación de entrada	42
Tabla 3: Dirección de la programación de salida	45
Tabla 4: Variables de entrada y salida del sistema.....	47
Tabla 5: Dirección de variables del controlador de temperatura	49
Tabla 6: Dirección de variables del controlador de caudal de aire	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rooftop de 4 ventiladores.....	1
Figura 2: Datos del medidor de energía del sistema de aire acondicionado TR162186 (ROOFTOP).....	3
Figura 3: Sistema de aire acondicionado.....	12
Figura 4: Componentes del rooftop de 4 ventiladores.....	14
Figura 5: Esquema de control en lazo cerrado	16
Figura 6: Esquema de control en lazo abierto	17
Figura 7: Procedimiento para el cumplimiento de objetivos	23
Figura 8: Sistema de calefacción de aire.....	24
Figura 9: Diagrama de bloques del sistema de calefacción de aire	25
Figura 10: Diseño del controlador PID con doble lazo de control.....	26
Figura 11: Respuesta transitoria del controlador con y sin PID.....	27
Figura 12: Diseño del controlador sin PID con doble lazo de control	27
Figura 13: Respuesta transitoria del controlador sin PID	28
Figura 14: Diseño del controlador con PID con doble lazo de control	29
Figura 15: Respuesta transitoria con controlador PID.....	29
Figura 16: Parámetros PID del controlador de temperatura.....	30
Figura 17: Parámetros PID del controlador de caudal	31
Figura 18: Diseño de la respuesta del sistema con controlador PID con doble lazo de control	32
Figura 19: Respuesta del sistema de control con dos lazos de realimentación	32
Figura 20: Parámetros PID del controlador de temperatura.....	33
Figura 21: Parámetros PID del controlador de caudal	34

Figura 22: Respuesta de la acción del controlador para mantener estable la temperatura de salida	35
Figura 23: Respuesta de la acción del controlador para mantener estable la temperatura del compresor	35
Figura 24: Respuesta del sistema de control a valores temperaturas de 20°C. 24°C y 18°C.....	36
Figura 25: Respuesta del sistema a perturbaciones de 4°C	37
Figura 26: Respuesta del controlador de temperatura a las perturbaciones de 4°C	38
Figura 27: Respuesta del controlador de caudal a las perturbaciones de 4°C	39
Figura 28: Selección del controlador SIEMENS S7-1200	40
Figura 29: Selección del módulo para censar la temperatura	41
Figura 30: Características del módulo 6ES7231-5PD32-0XB0	41
Figura 31: Configuración de cada canal del sensor de temperatura	43
Figura 32: Selección del módulo para controlar el caudal de aire del compresor.....	44
Figura 33: Características del módulo 6ES7-232-4HD32-0XB0	45
Figura 34: Dirección de cada canal de salida del módulo 6ES7-232-4HD32-0XB0 .	46
Figura 35: Configuración del bloque de controlador PID.....	47
Figura 36: Asignación de variables del PLC	48
Figura 37: Configuración de la entrada para censar el caudal	49
Figura 38: Selección del bloque PID.....	50
Figura 39: Configuración del tipo de regulación (Temperatura)	51
Figura 40: Escalamiento de la variable temperatura	52
Figura 41: Selección del bloque PID.....	53
Figura 42: Configuración del tipo de regulación (Caudal)	53
Figura 43: Escalamiento de la variable caudal en función del tiempo	54

Figura 44: Censado y cálculo de la temperatura promedio	55
Figura 45: Censado y cálculo del caudal de aire	55
Figura 46: Selección del HMI.....	56
Figura 47: Configuración de los gráficos de temperatura y caudal.....	56
Figura 48: Diseño final del panel HMI.....	57
Figura 49: Estrategia de control de temperatura.....	61

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

En el Perú, existen numerosos centros comerciales los cuales, desde que llegaron mejoraron la empleabilidad del sector comercial y la competitividad del comercio urbano, en el departamento de la Libertad, propiamente en el distrito de Trujillo, estos centros comerciales fueron creciendo con el paso del tiempo, llegando a la ciudad en las 2001 tiendas por departamento Ripley.

Este centro comercial implementó, para las épocas calurosas, su sistema de refrigeración y aire acondicionado en base a los Rooftops.

Figura 1:
Rooftop de 4 ventiladores



Nota. Trane WEB

Estos equipos funcionan de una manera óptima con su respectivo mantenimiento preventivo. Sin embargo, mediante una entrevista aplicada al personal de mantenimiento (ver anexo 01), estos equipos consumen mucha energía al encenderse, ya que poseen un sistema de control directo desde el transformador trifásico hacia los equipos por lo que se tiene que encender uno por uno, contando con 7 equipos Rooftop, dejando un lapso de 3 a 4 minutos

entre ellos tal cual está en su procedimiento, muchas veces estas operaciones no se logran ya que la tienda Ripley tiene que abrir sus instalaciones a la hora indicada.

A su vez, para la baja de temperatura, poseen un termostato de doble dirección con el cual pueden regular, cada Rooftop posee un termostato ubicado en cada área, pero en un acceso poco cómodo, teniendo que apagar el equipo Rooftop manualmente cuando la temperatura baja excesivamente, esto hace que se tenga que manipular los equipos de manera directa y sin ningún control gradual.

Entonces la problemática se centrará en tiendas Ripley a nivel Perú, en esta investigación, puntualmente en tiendas Ripley Trujillo. La falta de un sistema de arranque y el control de temperatura en los días de mayor afluencia de personas, hacen que se tenga que encender y/o apagar los equipos de manera consecutiva, aumentando así el costo en kwh como se muestra en la figura 2.

Figura 2a:

Datos del medidor de energía del sistema de aire acondicionado TR162186 (ROOFTOP)

Medidor TR162186 (ROOFTOP)				
MES	DIA	MEDIDOR (KWH)	CONSUMO NETO (KWH)	CONSUMO POR SEMANA (KW)
1/06/2023	D1	12812293	0	
2/06/2023	D2	12814157	1864	
3/06/2023	D3	12816805	2648	
4/06/2023	D4	12819617	2812	
5/06/2023	D5	12822321	2704	
6/06/2023	D6	12825261	2940	
7/06/2023	D7	12827123	1862	
8/06/2023	D8	12828913	1790	16620
9/06/2023	D9	12830735	1822	
10/06/2023	D10	12833483	2748	
11/06/2023	D11	12836451	2968	
12/06/2023	D12	12839154	2703	
13/06/2023	D13	12841863	2709	
14/06/2023	D14	12844336	2473	
15/06/2023	D15	12846892	2556	17979
16/06/2023	D16	12849732	2840	
17/06/2023	D17	12851554	1822	
18/06/2023	D18	12853494	1940	
19/06/2023	D19	12855954	2460	
20/06/2023	D20	12858094	2140	
21/06/2023	D21	12860419	2325	
22/06/2023	D22	12863121	2702	16229
23/06/2023	D23	12865931	2810	
24/06/2023	D24	12867683	1752	
25/06/2023	D25	12869530	1847	
26/06/2023	D26	12871780	2250	
27/06/2023	D27	12873971	2191	
28/06/2023	D28	12876480	2509	
29/06/2023	D29	12879232	2752	16111
30/06/2023	D30	12881980	2748	
1/07/2023	D31	12883808	1828	

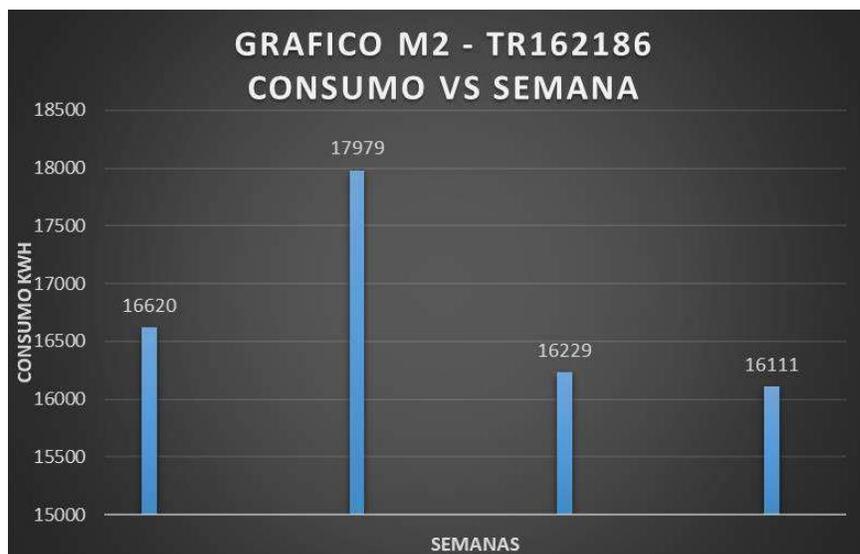
Figura 3b:

Grafica de barras de consumo de energía por día durante un mes del sistema de aire acondicionado TR162186 (ROOFTOP)



Figura 4c:

Grafica de barras de consumo de energía por día durante las 04 semanas de un mes del sistema de aire acondicionado TR162186 (ROOFTOP)



A nivel técnico sin ningún procedimiento establecido para el sistema de climatización, estos desarrollarán un desgaste para los equipos Rooftop, que hace que el mantenimiento de estos equipos se dé con mayor frecuencia.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar el diseño de control de temperatura para el proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo - 2023

1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar los requerimientos del sistema de temperatura para el proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo - 2023
- ✓ Seleccionar la estrategia de control de temperatura para el proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo - 2023
- ✓ Seleccionar la instrumentación necesaria para la implementación del sistema de control del proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo - 2023

1.3. Justificación del estudio

En lo social, permitirá utilizar la estrategia de control necesaria para realizar automatización del proceso de climatización.

En lo tecnológico, desarrollar la electrónica necesaria para controlar el proceso de climatización.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

(Cisneros, 2018) en su tesis “Diseño de un sistema de refrigeración de 42.1 TR de capacidad frigorífica usando la tecnología VRV para un supermercado”

Esta tesis está dividida en 6 capítulos: el primero muestra los antecedentes, la justificación, define los objetivos y alcances de este proyecto. El segundo capítulo trata acerca de las condiciones del proyecto, tales como ubicación del supermercado, cantidad de cámaras, salas y vitrinas. Se muestra las condiciones de temperatura a la cual trabajarán cada una de ellas y su ubicación dentro del supermercado. Asimismo, se muestra el sustento de la elección del tipo de tecnología a emplear y se describe los componentes del sistema elegido. El tercer capítulo desarrolla el cálculo de carga térmica de refrigeración de las cámaras, salas y la determinación de la demanda térmica de las vitrinas refrigeradas. También desarrolla la selección de las unidades condensadoras, el dimensionamiento de las tuberías y la determinación de los metrados de paneles aislantes térmicos empleados en cada una de las cámaras y salas de proceso. El cuarto capítulo muestra las especificaciones técnicas de las unidades condensadoras, evaporadores de cámaras, evaporadores de salas y de las vitrinas refrigeradas. En el quinto capítulo se desarrolla el diseño eléctrico de la parte de fuerza y control tanto para las unidades condensadoras, evaporadores y vitrinas del supermercado.

(Figueroa, M, 2020) en su estudio “Diseño del sistema de aire acondicionado automatizado para un edificio corporativo” ubicado en la ciudad de Lima – Perú. En el que se requiere un diseño del sistema para ofrecer un ambiente confort a los trabajadores y garantizar el apropiado funcionamiento de equipos informáticos.

Para la elaboración del diseño del sistema de A.A, se inició con los cálculos de las cargas térmicas, según las condiciones de la edificación y un análisis de los componentes que contribuyen a la ganancia de calor. Posteriormente se seleccionó el equipamiento del sistema, según el tipo de aire acondicionado elegido para tal, luego se inició con una descripción del funcionamiento del sistema de aire acondicionado, seguidamente se realizó un enlistado de las señales que gobernarán el sistema, clasificándolas según el tipo de señal. Posteriormente se eligió los sensores, actuadores y controladores que serán útil y esenciales para el control y monitoreo del sistema. Como resultado se logró elegir el equipamiento mecánico adecuado para el sistema, permitiendo la eficiencia en la distribución de aire acondicionado y el ahorro energético en la edificación.

(Antaurco, 2014) en su tesis “Plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado en el edificio de Komatsus Mitsui, basado en un método de confiabilidad” la cual tiene como propósito, diseñar el plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado de precisión del edificio Komatsu Mitsui con base en un método de confiabilidad. La confiabilidad y disponibilidad de un sistema de aire acondicionado depende en gran medida del estado de los equipos asociados al mismo. Para tal fin es necesario desarrollar modelos de gestión de mantenimiento acertados que permitan garantizar altos niveles de confiabilidad y así obtener cero interrupciones en el sistema de aire acondicionado ni causar daños colaterales a otros sistemas por altas temperaturas. Este es el caso del

sistema de aire acondicionado del edificio de KOMATSU MITSUI que cuenta con un sistema de A.A de precisión que tiene las funciones de refrigerar los gabinetes de comunicación y presurizar el cuarto de control y de equipos.

(Calle, Espinoza, & Molina, 2021) en su tesis “Propuesta de rediseño de layout en cámara de mantención de frío para mejorar el despacho de uva en empresa Ecosac Agrícola S.A.C., Piura”. En este trabajo se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa ECOSAC AGRICOLA S.A.C, con el objetivo principal de elaborar una propuesta de mejora en el rediseño de layout en sus cámaras de mantención de frío, lo cual permitirá optimizar no sólo el espacio de las mismas sino las actividades llevadas cabo dentro ellas. El trabajo de investigación abarca el diagnóstico operacional de almacenamiento y despacho de pallet de uva de mesa de la empresa, así como la aplicación de métodos de ingeniera referentes al layout y las propuestas de mejora planteadas. Se realizó un diagnóstico de fallas que se pudo observar en los procesos de almacenamiento y despacho en la cámara de mantención de frío, lo que conllevó a encontrar los principales hitos del proceso de ECOSAC AGRICOLA S.A.C, que permitió definir los métodos que emplearíamos para la orientación hacia una distribución adecuada de los productos en el proceso de despacho. En la revisión de las actividades operativas que se ejecutan en el almacenamiento y despacho de uva se describe el funcionamiento de las cámaras de mantención de frío y su interacción con las áreas de soporte encargadas de brindar el cumplimiento de las programaciones y proyecciones del producto. Con la implementación de las propuestas de mejora en el rediseño del layout se busca reforzar la eficiencia en el almacenamiento y

despacho de uva de la empresa, manteniendo ventajas competitivas entre las organizaciones que se enfocan en cumplir con los requerimientos principales del mercado extranjero y nacional.

(Huamán, 2020) en su tesis “Diseño de una cámara frigorífica fotovoltaica para la conservación de vacunas en el centro de salud del distrito”. La presente investigación se desarrolla en la posta del Distrito de Chongoyape en la que se pretende realizar una cámara de frío personalizada a la demanda de vacunas en la zona de estudio considerando la normativa actual sobre esta tecnología y debido a que la problemática estable la falta o baja calidad de la energía dentro de la zona se determina como parte de la misma investigación el diseño de un sistema fotovoltaico capaz de abastecer la cámara en los días más críticos de radiación. Con ello se pretende realizar una tecnología en conjunto que pueda almacenar la cantidad adecuada de vacuna para la zona y el asegurar su suministro energético no dependiente de la energía convencional suministrada por las redes eléctricas.

(Rodríguez, 2010) en su tesis “Diseño del sistema de control para la ventilación de una mina subterránea usando una controladora AC800M”. El presente trabajo es una respuesta a la necesidad del requerimiento de un Sistema de Control que asegure la ventilación apropiada de una mina subterránea, cumpliendo con las normas establecidas para dicho proceso minero en el país. Para lo cual se plantea una solución proponiendo un diseño que sea capaz de cumplir con los requerimientos que a su vez están ligados a las condiciones y características dadas de la mina subterránea. En lo que respecta a las unidades a utilizar se

considera tanto el Sistema Internacional de Unidades como el Sistema Inglés, este último debido a que la información técnica de los equipos se encuentra en dicho sistema. La tesis consta de 6 capítulos en los que se desarrollará: Capítulo I. Se realizará una introducción al tema, dando a conocer los antecedentes del sistema de ventilación de la mina subterránea a tratar, justificando y mostrando los objetivos que se cumplirán. Se explicará también el planteamiento del problema y el alcance del trabajo. Capítulo II. Se detallará la nomenclatura y terminología a utilizar a lo largo del presente trabajo, al igual que las características de la mina, los códigos y normas aplicables. Capítulo III. En este capítulo se mostrará la teoría necesaria para el desarrollo del tema, así como también los cálculos que ayudarán a la selección de los equipos involucrados en el Sistema de Control del proceso de ventilación. Capítulo IV. Se explicarán los principios de funcionamiento de la instrumentación a utilizar en el Sistema de Control, la topología de la red y los protocolos de comunicación que estarán presentes. Capítulo V Se mostrará el diseño propuesto del Sistema de Control del proceso de ventilación, donde se incluyen diagramas del proceso, la arquitectura de comunicación, la programación la cual desarrollada con el software Control Builder M Professional. Capítulo VI. En este capítulo se detallará los costos de implementación para el Sistema de Control y la evaluación económica entre el ventilador propuesto y el mencionado en los antecedentes de la mina. Finalmente se presentan las conclusiones del presente trabajo, seguidamente se muestra en los anexos las características de los equipos e instrumentos propuestos, los cuales están disponibles en el mercado.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Sistema de climatización para ambientes abiertos

Los sistemas de climatización para espacios abiertos son dispositivos mecánicos que son capaces de modificar la temperatura, la humedad, la circulación y pureza del aire para establecer un confort térmico y una buena salubridad del aire (Ruiz, 2019). Este puede ser un desafío, ya que las condiciones ambientales cambiantes y el alto volumen de aire a tratar pueden dificultar el control de la temperatura y la humedad. A continuación, se describen algunos de los enfoques comunes para el diseño de sistemas de climatización para ambientes abiertos:

A. Sistemas de enfriamiento evaporativo: Estos sistemas utilizan la evaporación del agua para reducir la temperatura del aire. El agua se rocía sobre un medio de enfriamiento, como almohadillas húmedas o paneles de celulosa, y luego el aire se mueve a través del medio, enfriándose a medida que el agua se evapora. Este enfoque puede ser efectivo en áreas de clima seco, donde la humedad relativa es baja.

B. Ventilación forzada: La ventilación forzada implica la circulación de grandes cantidades de aire a través de un espacio para reducir la temperatura y aumentar la circulación de aire fresco. Este enfoque es efectivo en áreas donde la temperatura exterior es más baja que la temperatura interior y puede ser complementado con ventiladores o extractores de aire para aumentar la circulación.

C. Sistemas de aire acondicionado portátiles: Estos sistemas utilizan unidades de aire acondicionado portátiles que pueden moverse fácilmente de un lugar a otro para enfriar áreas específicas. Estos sistemas pueden ser efectivos en áreas de tamaño pequeño o mediano, pero pueden ser costosos y menos eficientes que los sistemas centralizados.

D. Sistemas de nebulización: Estos sistemas rocían finas gotas de agua en el aire, que se evaporan y enfrían el aire circundante. Este enfoque puede ser efectivo en áreas de clima seco, pero puede aumentar la humedad relativa en áreas húmedas.

En general, el diseño de un sistema de climatización para ambientes abiertos dependerá de las condiciones ambientales específicas y las necesidades del espacio. Se recomienda trabajar con un profesional en HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) para diseñar un sistema efectivo y eficiente.

Figura 5:
Sistema de aire acondicionado



2.2.2. Rooftop - equipo de climatización

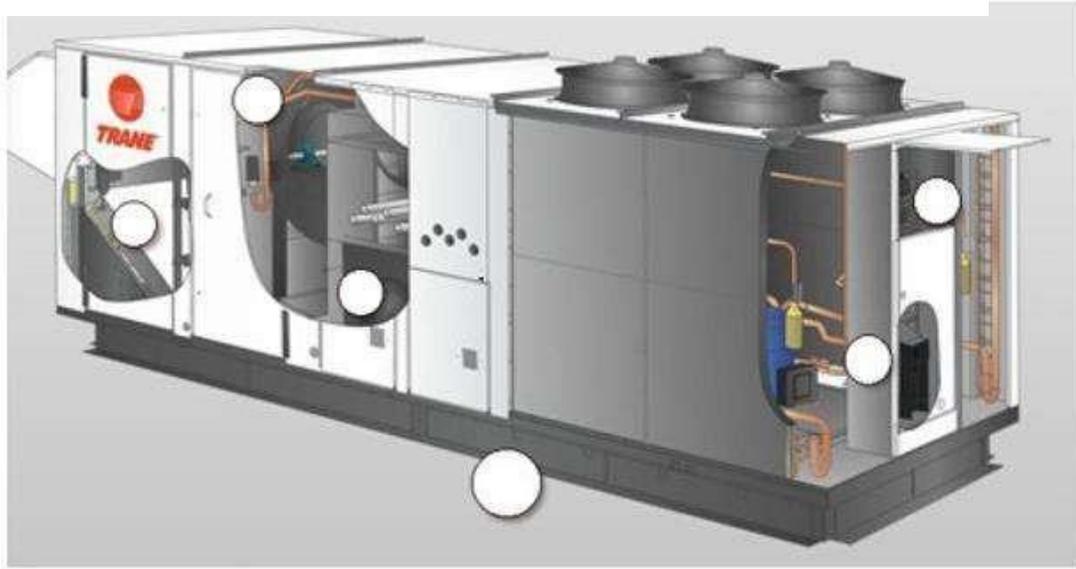
Un rooftop es un equipo de climatización de dimensiones compactas. Son equipos de expansión directa que sirven para climatizar y ventilar un espacio interior cerrado. La característica principal del rooftop es que dentro de la misma unidad se puede generar calor o frío. Esta tecnología está preparada para cumplir con las necesidades de confort, calidad de aire interior, facilidad de instalación y reducción de consumo energético. (Trane,2014).

Estos equipos cuentan con controles digitales que permiten maximizar la eficiencia energética, realizando un seguimiento continuo del rendimiento del sistema.

Básicamente un rooftop se divide en dos partes. Una de ellas es la que se encarga de generar frío para el tratamiento térmico del aire de mezcla entre caudal de ventilación y recirculación. Para este cometido los rooftops pueden tener 2 o 4 compresores sobre 2 circuitos frigoríficos, que aseguran la redundancia y mantienen las condiciones de confort durante el ciclo de desescarche en modo bomba de calor.

En la sección de tratamiento de aire podemos encontrar filtros, ventiladores y baterías. También hay una parte destinada al anclaje de los conductos de impulsión, retorno y las aperturas para la aspiración y expulsión aire exterior.

Figura 6:
Componentes del rooftop de 4 ventiladores



Estrategia de control

Según (Kuo, 1996). Una estrategia de control es mantener o modificar ciertos aspectos de un sistema con el fin de alcanzar metas específicas.

A continuamos detallamos los procedimientos a seguir para desarrollar una estrategia de control:

Definir los objetivos: Identifica claramente los resultados que deseas lograr con la estrategia de control. Establece metas claras y realistas que sean medibles y cuantificables.

Analizar el sistema: Comprende el sistema o proceso que deseas controlar. Analiza sus componentes, interacciones, puntos críticos y posibles variables de influencia.

Recopilar datos: Recolecta datos relevantes sobre el sistema, incluyendo mediciones, tendencias históricas, información de referencia y cualquier otro dato necesario para comprender su comportamiento actual.

Identificar variables de control: Determina las variables clave que pueden influir en el sistema y que puedes controlar. Estas variables pueden ser físicas, financieras, ambientales, de recursos humanos, entre otras.

Establecer criterios de control: Define los criterios o estándares que utilizarás para evaluar el desempeño del sistema y determinar si se están logrando los objetivos establecidos.

Diseñar estrategias: Desarrolla un plan para controlar las variables identificadas. Esto puede implicar el diseño de algoritmos, políticas, procedimientos, mecanismos de retroalimentación, entre otros.

Implementar y monitorear: Aplica la estrategia de control en el sistema y monitorea continuamente su desempeño. Asegúrate de recopilar datos en tiempo real y compararlos con los criterios de control establecidos.

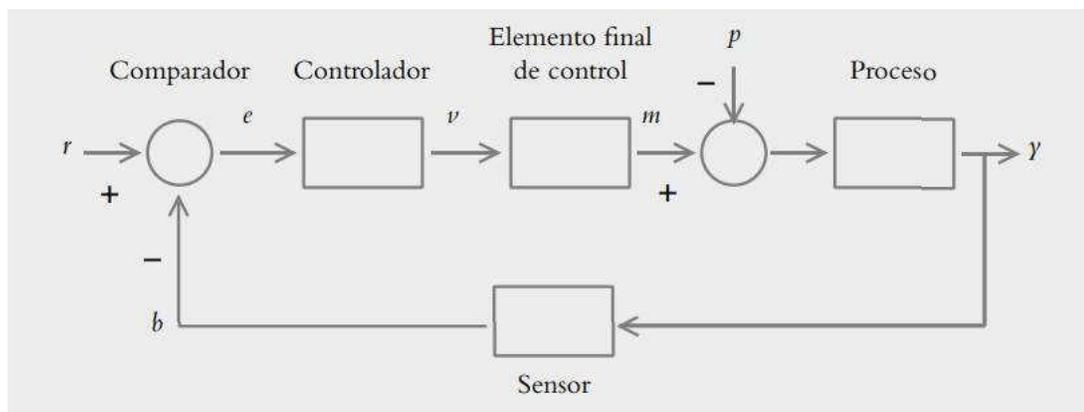
Retroalimentación y ajuste: Analiza los resultados obtenidos y compara con los objetivos establecidos. Realiza ajustes en la estrategia de control si es necesario para mejorar su eficacia.

Sistema de control de lazo cerrado

Según (Ogata, 2010). Los sistemas de control de lazo cerrado o también llamados control retroalimentados. En este tipo de control se alimenta al controlador una señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de retroalimentación, con el fin de reducir el error y tener una precisión más exacta en el

valor deseado y llevarlo a la salida del controlador. El termino de control de lazo cerrado implica/indica el uso de una señal de retroalimentación para reducir el error en el sistema. Dicho esto, se puede decir que un sistema de lazo cerrado es aquel sistema en el cual la acción de control depende de la salida.

Figura 7:
Esquema de control en lazo cerrado



Donde:

$r(t)$ = Entrada de referencia.

$e(t)$ = Señal de error.

$v(t)$ = Variable regulada.

$m(t)$ = Variable manipulada.

$p(t)$ = Señal de perturbación.

$\gamma(t)$ = Variable controlada.

$b(t)$ = Variable de retroalimentación como resultado de haber detectado la variable controlada por medio del sensor.

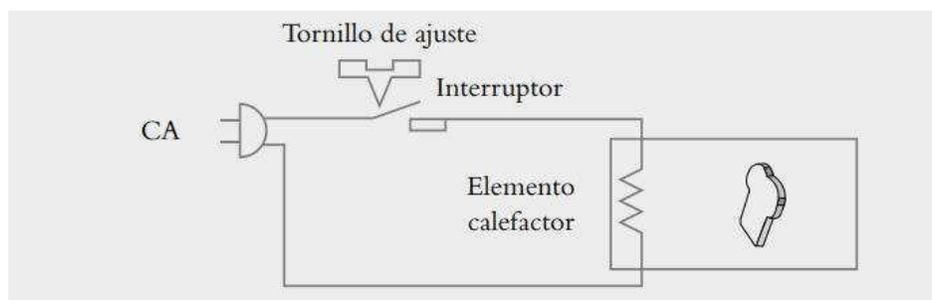
t = tiempo.

Sistema de control de lazo abierto

Según (Ogata, 2010). Los sistemas de control de lazo abierto son los cuales la salida no tiene efecto en la acción que tomará el controlador. Es decir, en un sistema de control de lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del proceso depende de la calibración. Ante la presencia de perturbación en un sistema de lazo abierto no se realiza la tarea de manera correcta.

Figura 8:

Esquema de control en lazo abierto



Control de temperatura

Según (Creus, 2010). El control de temperatura es un aspecto crítico en muchos procesos y aplicaciones, desde sistemas de climatización hasta procesos de fabricación y almacenamiento de productos sensibles a la temperatura. A continuación, se describen algunos de los principales métodos y tecnologías utilizadas para el control de temperatura.

Termostatos: Los termostatos son dispositivos que controlan la temperatura mediante el uso de sensores para detectar la temperatura ambiente y activar o desactivar sistemas de calefacción o refrigeración en consecuencia.

Controladores PID: Los controladores proporcional, integral y derivativo (PID) son dispositivos que ajustan automáticamente la salida de un sistema de control para mantener una temperatura deseada. Los controladores PID utilizan un algoritmo matemático para ajustar la salida en función de la desviación de la temperatura deseada.

Sistemas de control de lazo cerrado: Los sistemas de control de lazo cerrado utilizan sensores de temperatura y dispositivos de control para mantener una temperatura deseada en un proceso o aplicación. Estos sistemas pueden incluir múltiples sensores y actuadores, así como software de control avanzado para ajustar automáticamente la salida en función de la temperatura medida.

Sistemas de enfriamiento o calefacción: Los sistemas de enfriamiento o calefacción pueden incluir sistemas de aire acondicionado, bombas de calor, calentadores eléctricos, radiadores y otros dispositivos para enfriar o calentar el aire o líquidos en un espacio.

Control de temperatura basado en líquidos: Los sistemas de control de temperatura basados en líquidos utilizan líquidos refrigerantes para transferir calor de una fuente de calor a un disipador de calor. Estos sistemas pueden incluir sistemas de refrigeración por compresión, sistemas de enfriamiento por absorción y sistemas de enfriamiento por evaporación.

En general, el método y la tecnología utilizados para el control de temperatura dependerán del proceso o aplicación específicos y de los requisitos de temperatura necesarios. Se recomienda trabajar con un profesional en HVAC o en ingeniería de procesos para seleccionar y diseñar un sistema de control de temperatura adecuado.

2.3. Marco conceptual

Temperatura

La temperatura es una medida de la energía térmica de una sustancia o un sistema. Es una medida de la cantidad promedio de energía cinética de las partículas en un objeto o sistema.

Climatización

La climatización es el proceso de controlar y ajustar la temperatura, la humedad, la circulación y la calidad del aire en un espacio cerrado para crear un ambiente cómodo y saludable. Los sistemas de climatización se utilizan en muchos entornos, desde edificios residenciales y comerciales hasta hospitales, laboratorios, fábricas y vehículos

Control

El control se refiere a la capacidad de dirigir, regular o manipular un proceso, sistema o dispositivo para lograr un objetivo específico. El objetivo del control es mantener una variable o conjunto de variables en un estado deseado o predefinido.

2.4. Hipótesis

El diseño de un control de temperatura permite mejorar la climatización de tiendas Ripley Trujillo

Variables e indicadores (cuadro de Operacionalización de variables)

Tabla 1:

Operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente	Definición Conceptual	Indicador	Unidad de medida	Técnica	Instrumento
Sistema de control	Plan de acción diseñado para mantener una variable o conjunto de variables en un estado deseado o predefinido en un sistema o proceso. (Kuo, 1996)	Tipo de control Error estacionario Tiempo de establecimiento Número de componentes del sistema de control	----- ----- s -----	Observación	Guía de observación

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

Aplicada: A partir de conocimientos establecidos se dará solución a un problema planteado

Nivel de investigación

Explicativo

3.2. Población y muestra del estudio

3.2.1. Población

Es definida por Hernández y Mendoza (2018) como el conjunto de individuos, acciones, procesos u otras características que permiten representarlo en un conjunto que las cuales las asocian a una unidad de estudio. La población de estudio será tiendas Ripley Perú

3.2.2. Muestra

La muestra de estudio será tiendas Ripley Trujillo.

3.3. Diseño de investigación

El diseño es de tipo transversal, que tiene como propósito describir la variable y analizar su comportamiento en un mismo tiempo.

M  O

Leyenda:

M: Sistema de control

O: Temperatura

3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación

Descripción de las técnicas e instrumentos

Para el estudio se requerirá de técnicas que permitan la recolección de la información, las técnicas que se utilizaran se definen de la siguiente manera:

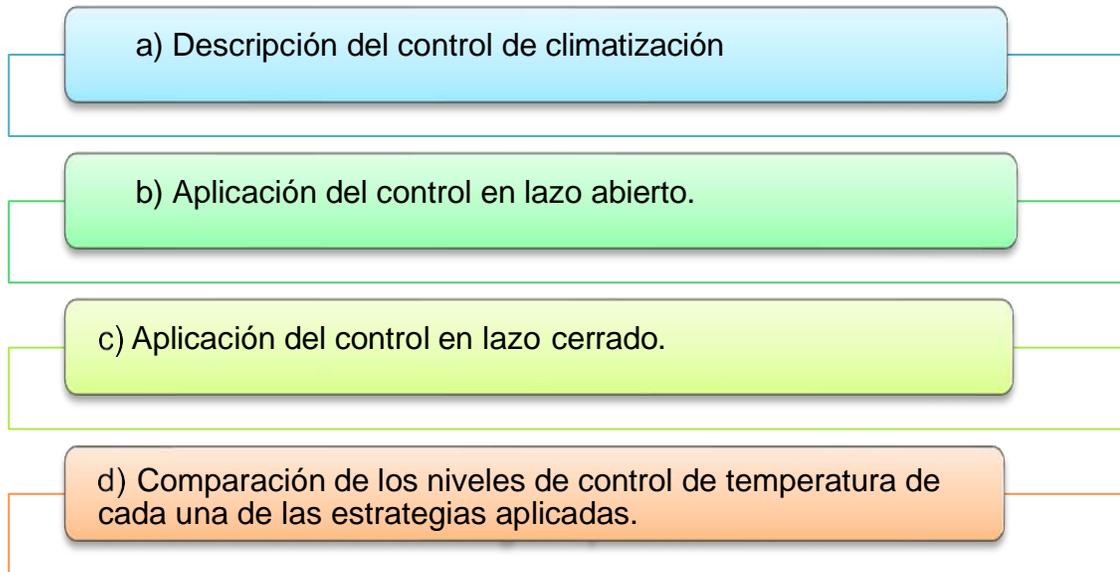
Observación: Se utiliza para recopilar información y datos de manera confiable ya que interactúa con los sentidos para un registro sistemático, permitiendo validar las respuestas (Azüero, 2019). Como resultado, los requerimientos del sistema de temperatura para el proceso de climatización de tiendas.

3.5. Procesamiento y análisis de la investigación

En la figura 7 se precisa los procedimientos a realizar en la investigación a fin de cumplir con los objetivos trazados.

Figura 9:

Procedimiento para el cumplimiento de objetivos



IV. RESULTADOS

4.1. Propuesta de investigación

Los equipos del sistema de temperatura para el proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo necesitan un mantenimiento preventivo para funcionar de manera óptima, pero durante el encendido, consumen mucha energía debido a un sistema de control directo desde el transformador trifásico hacia los equipos Rooftop. Este proceso se realiza con intervalos de 3 a 4 minutos entre cada equipo, pero a menudo no se puede cumplir debido a la necesidad de abrir la tienda a tiempo. Además, para regular la temperatura, cada equipo cuenta con un termostato ubicado en áreas de difícil acceso, lo que requiere apagar manualmente los equipos Rooftop cuando la temperatura desciende, sin un control gradual. La problemática se centra en las tiendas Ripley en Perú,

específicamente en Trujillo, donde la falta de un sistema de arranque eficiente y el control de temperatura en días de alta afluencia de personas resulta en encendidos y apagados consecutivos, aumentando los costos de energía.

Modelamiento del sistema de temperatura:

Considerando desviaciones pequeñas de la operación de estado estable, dibuje un diagrama de bloques del sistema de calefacción de aire de la figura 8. Suponga que las pérdidas de calor en el medio ambiente y la capacitancia de calor de las partes de metal del calefactor son insignificantes.

Solución: se definen:

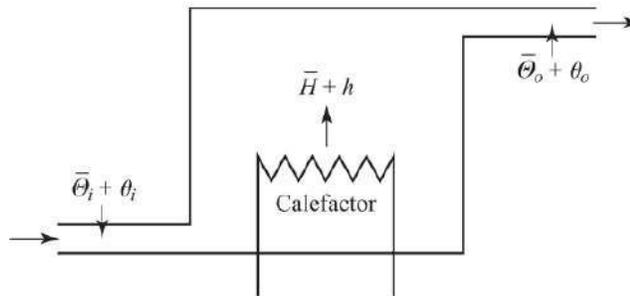
$\bar{\theta}_i$ = temperatura en estado estable del aire de entrada, °C

$\bar{\theta}_o$ = temperatura en estado estable del aire de salida, °C

G = flujo de la masa del aire a través de la cámara de calefacción, kg/seg

M = masa del aire que contiene la cámara de calefacción, kg

Figura 10:
Sistema de calefacción de aire



c = calor específico del aire, kcal/kg °C

R = resistencia térmica, °C seg/kcal

C = capacitancia térmica del aire que contiene la cámara de calefacción, Mc, kcal/°C

\bar{H} = flujo de calor de entrada en estado estable, kcal/seg

Suponga que el flujo de calor de entrada cambia repentinamente de H a $H + h$ y que la temperatura del aire de entrada cambia repentinamente de $\bar{\theta}_i$ a $\bar{\theta}_i + \theta_i$. En este caso, la temperatura del aire de salida cambiará de $\bar{\theta}_o$ a $\bar{\theta}_o + \theta_o$.

La ecuación que describe el comportamiento del sistema es:

$$C d\theta_o = [h + Gc(\theta_i - \theta_o)] dt$$

o bien

$$C \frac{d\theta_o}{dt} = h + Gc(\theta_i - \theta_o)$$

Considerando que

$$Gc = \frac{1}{R}$$

se obtiene

$$C \frac{d\theta_o}{dt} = h + \frac{1}{R} (\theta_i - \theta_o)$$

o bien

$$RC \frac{d\theta_o}{dt} + \theta_o = Rh + \theta_i$$

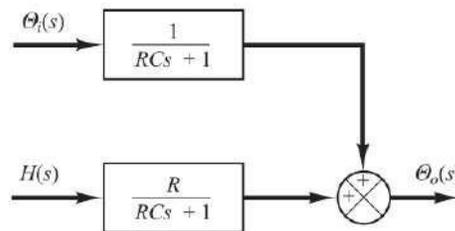
Tomando las transformadas de Laplace de ambos miembros de esta última ecuación y sustituyendo la condición inicial $\theta_o(0) = 0$, se obtiene

$$\Theta_o(s) = \frac{R}{RCs + 1} H(s) + \frac{1}{RCs + 1} \Theta_i(s)$$

El diagrama de bloques del sistema que corresponde a esta ecuación aparece en la figura 9

Figura 11:

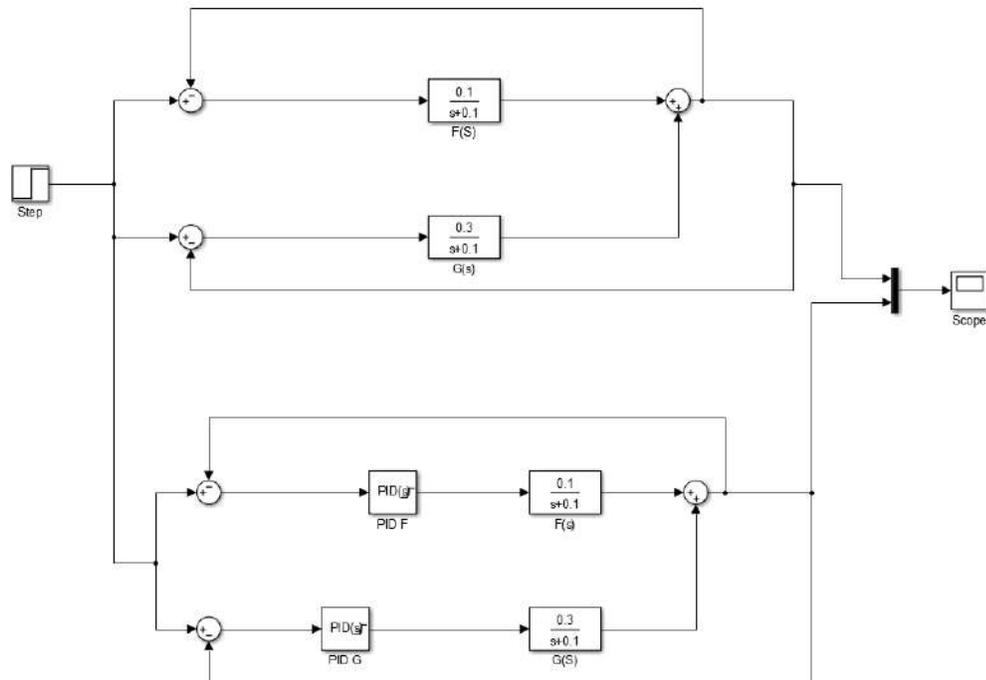
Diagrama de bloques del sistema de calefacción de aire



La temperatura de salida va ser función de temperatura de entrada y de la velocidad del aire

La figura 10, se muestra la respuesta del controlador PID con doble lazo de control. El primer lazo es un control de temperatura y el segundo es el control de caudal de aire. Ambos actúan sobre la temperatura externa del espacio confinado.

Figura 12:
Diseño del controlador PID con doble lazo de control



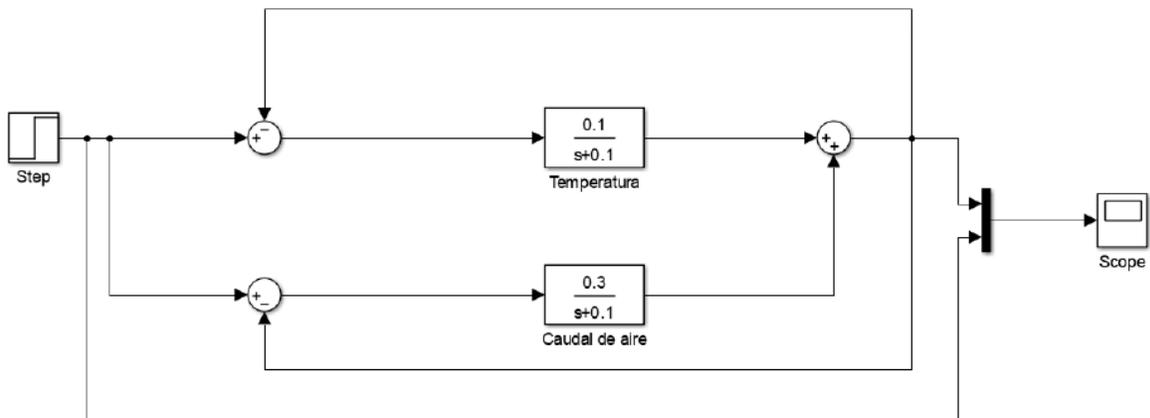
La figura 11 muestra, la respuesta del controlador PID (Señal color morada) y sin controlador (Señal color amarillo). Se observa que la salida sin controlador no llega al set point mientras que la señal realimentada logra estabilizarse al valor del set point, pero con cambios bruscos de temperatura.

Figura 13:
Respuesta transitoria del controlador con y sin PID



La figura 12 se muestra la respuesta del controlador sin PID con doble lazo de control. El primer lazo es un control de temperatura $T(^{\circ}C)$ y el segundo es el control de caudal de aire $Q(m^3/s)$ a lo largo del tiempo $t(s)$. Ambos actúan sobre la temperatura externa del espacio confinado.

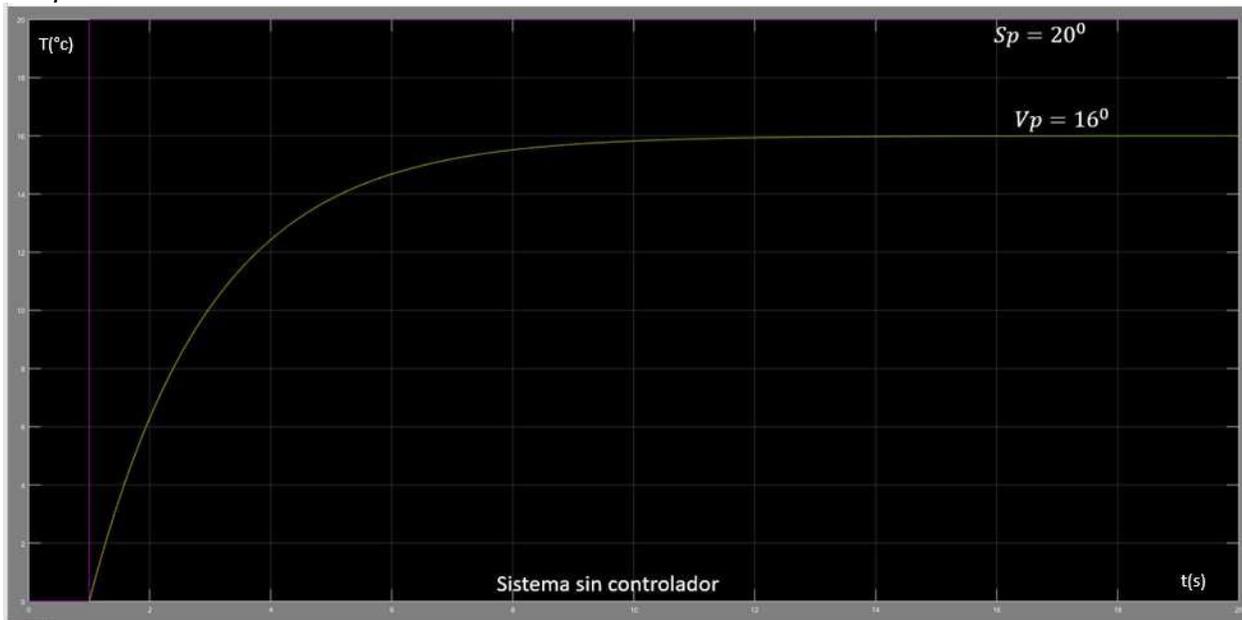
Figura 14:
Diseño del controlador sin PID con doble lazo de control



La figura 13 muestra, la respuesta transitoria a mayor detalle sin controlador PID (Señal color amarillo). En la gráfica se observa que la salida sin controlador no llega al set point seteado a 20°C, mientras que la señal realimentada logra estabilizarse al valor de 16°C, lo que origina un error estacionario de 4°C y un tiempo de estabilización de 11s.

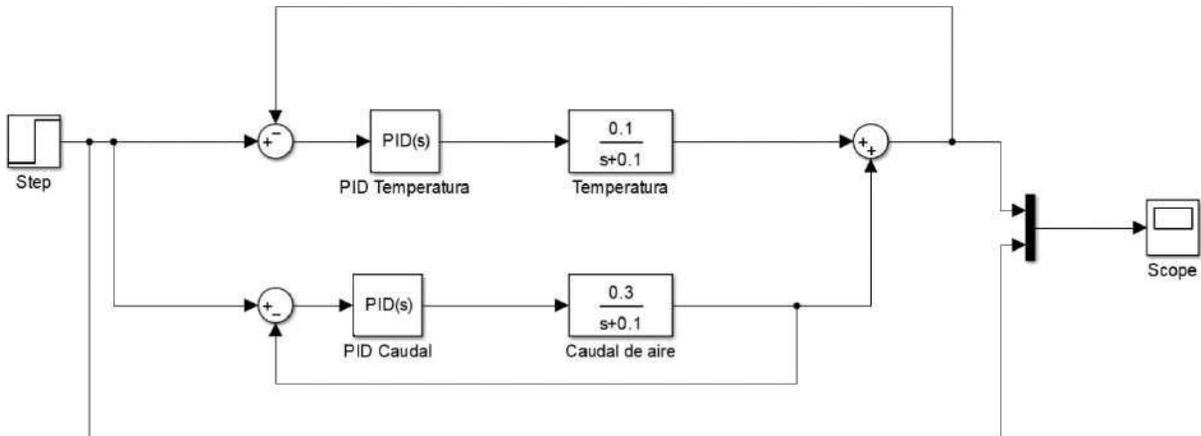
Figura 15:

Respuesta transitoria del controlador sin PID



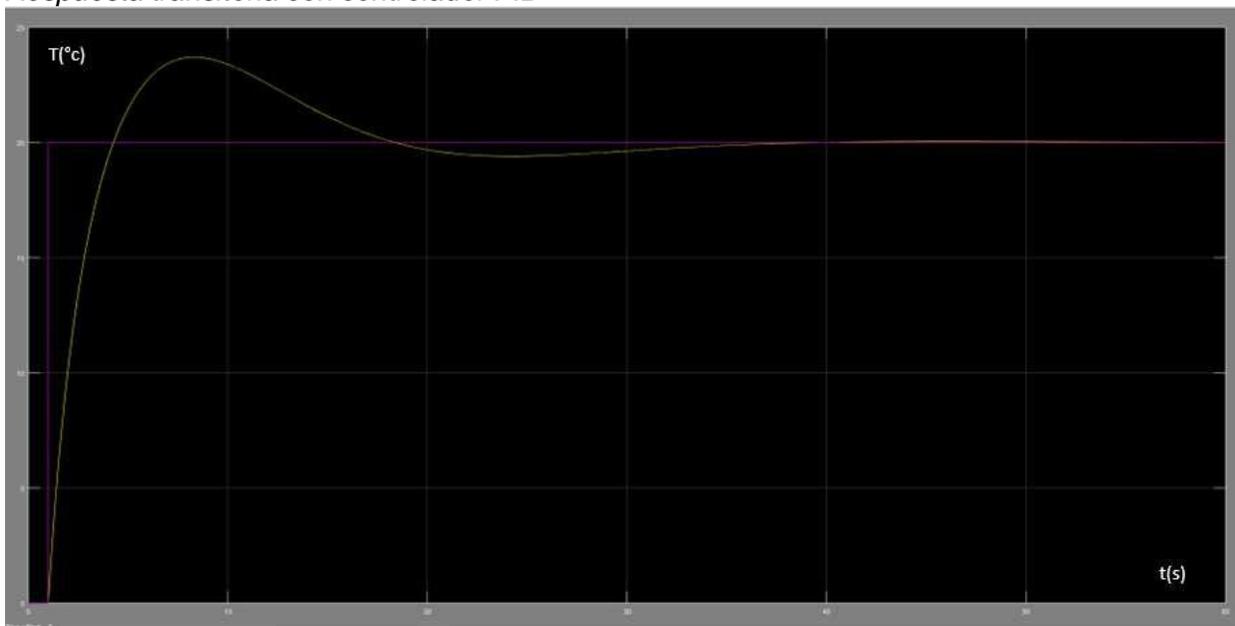
La figura 14 se muestra la respuesta del sistema con controlador PID con doble lazo de control. Se mantiene estable el caudal del compresor y se controla la temperatura de salida en función de la temperatura del compresor.

Figura 16:
Diseño del controlador con PID con doble lazo de control



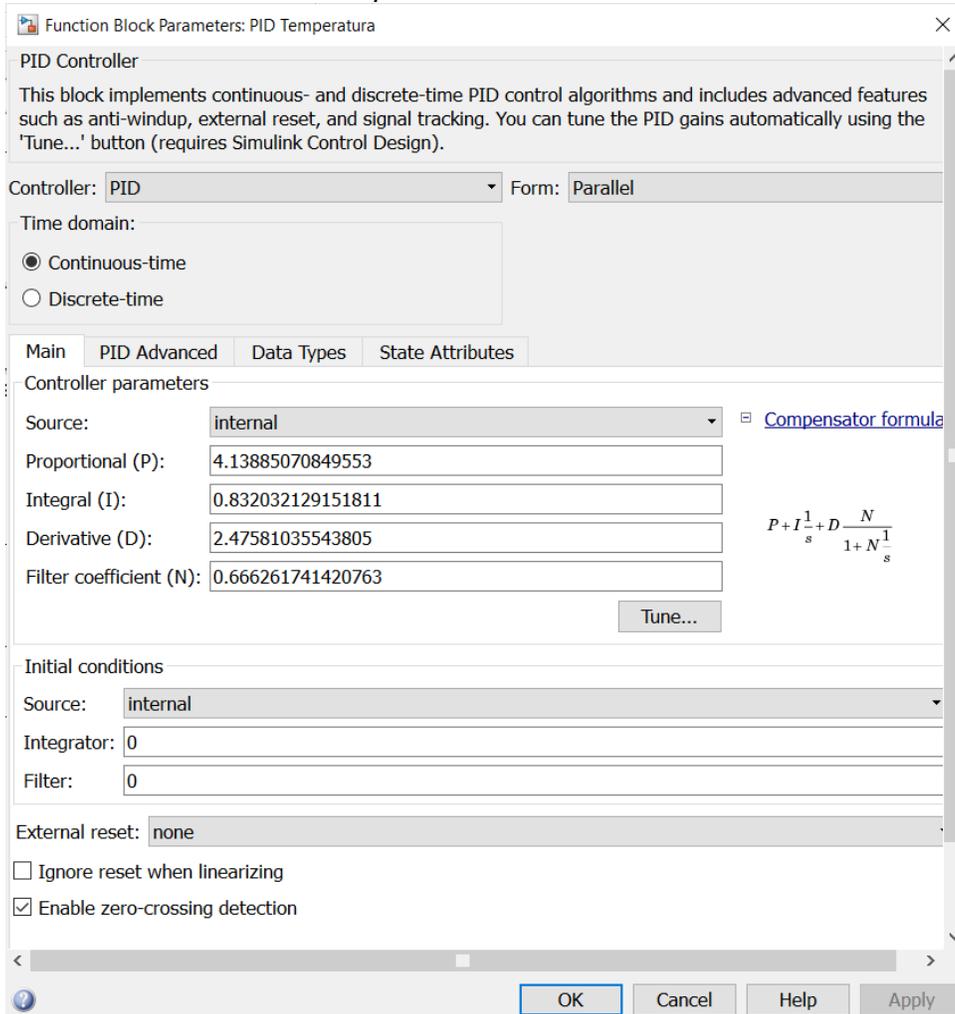
La figura 15 muestra, la respuesta transitoria con controlador PID (Señal color amarillo). En la gráfica se observa que la salida del controlador si llega al set point seteado a 20°C, un tiempo de estabilización de 39s. con un sobreimpulso de 24°C

Figura 17:
Respuesta transitoria con controlador PID



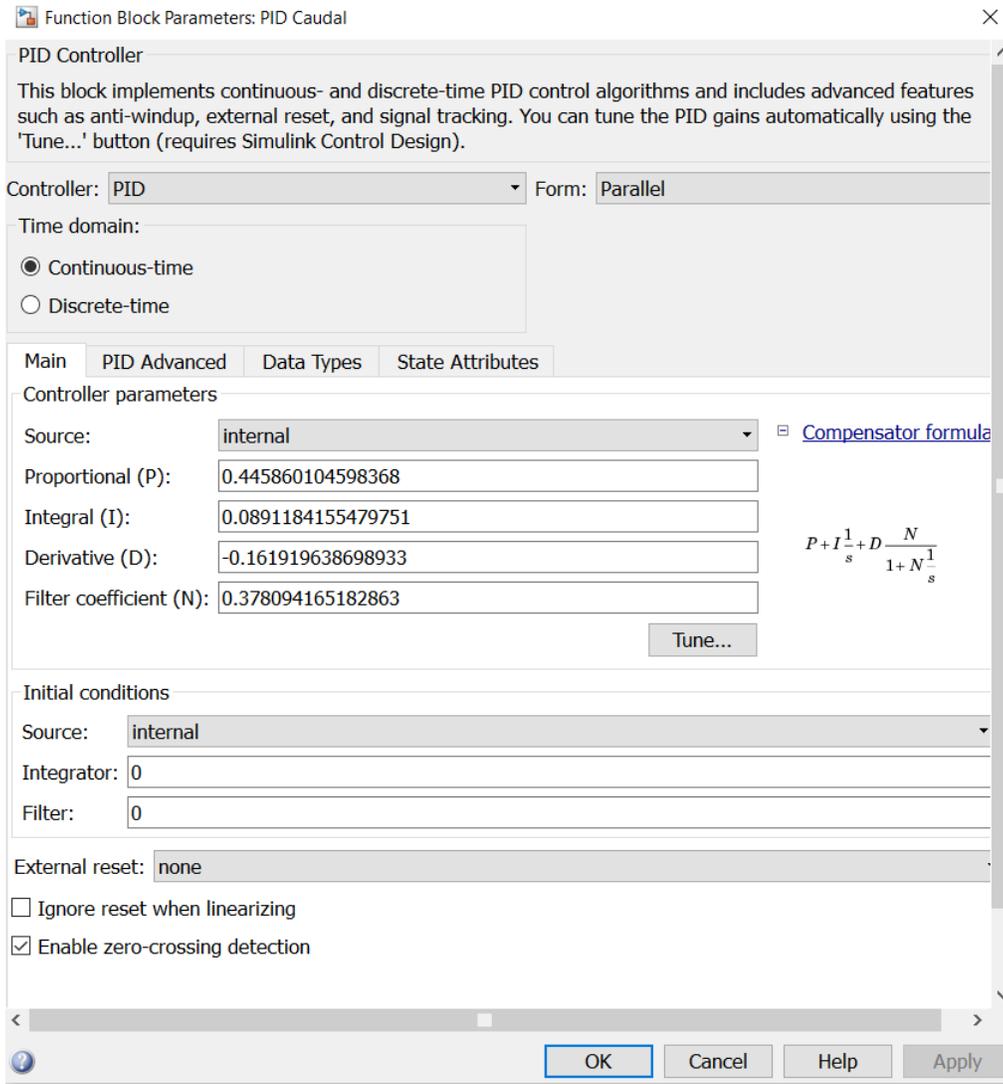
La figura 16 muestra, los parámetros PID del controlador de temperatura, para mantener estable la temperatura del espacio confinado. estos parámetros fueron determinados con el tool de sintonía de simulink de Matlab.

Figura 18:
Parámetros PID del controlador de temperatura



La figura 17 muestra, los parámetros PID del controlador de caudal, para mantener estable el caudal de salida del compresor. Estos parámetros fueron determinados con el tool de auto sintonía de simulink de Matlab.

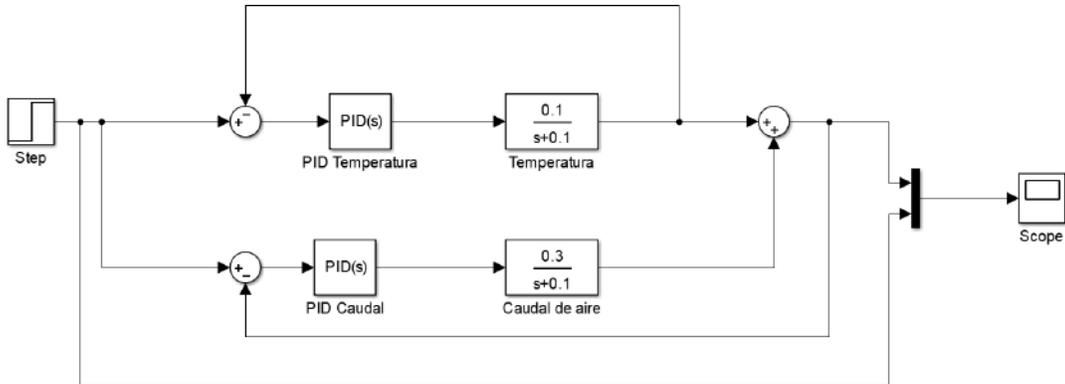
Figura 19:
Parámetros PID del controlador de caudal



La figura 18 se muestra la respuesta del sistema con controlador PID con doble lazo de control. Se mantiene estable la temperatura del compresor y se controla la temperatura de salida en función del caudal del compresor.

Figura 20:

Diseño de la respuesta del sistema con controlador PID con doble lazo de control

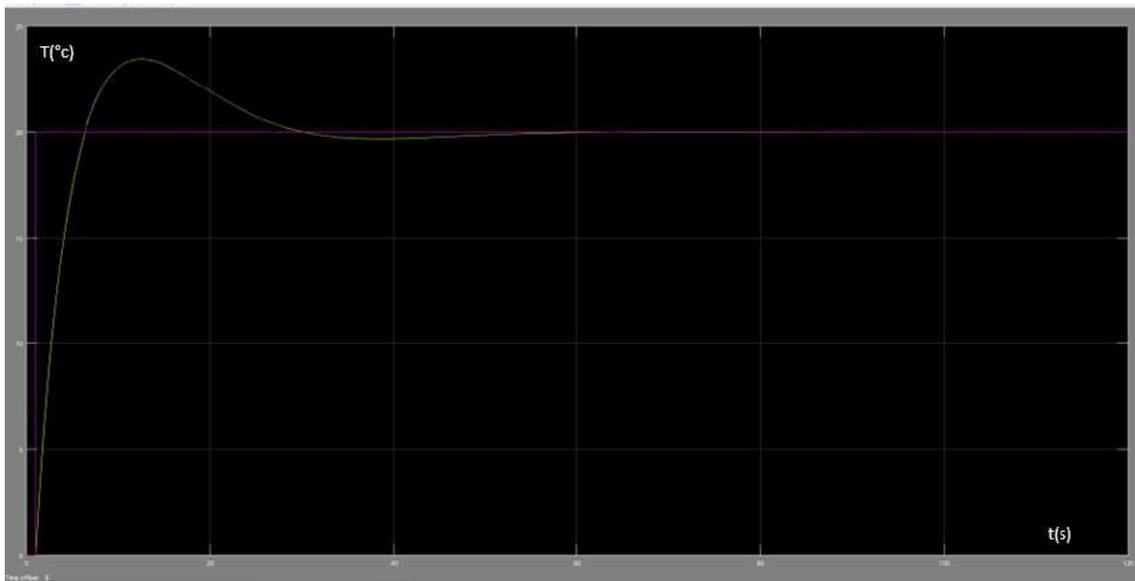


La figura 19 representa el sistema de control con dos lazos de realimentación

El primer lazo es control a temperatura constante y el segundo lazo es control de caudal para controlar la temperatura externa.

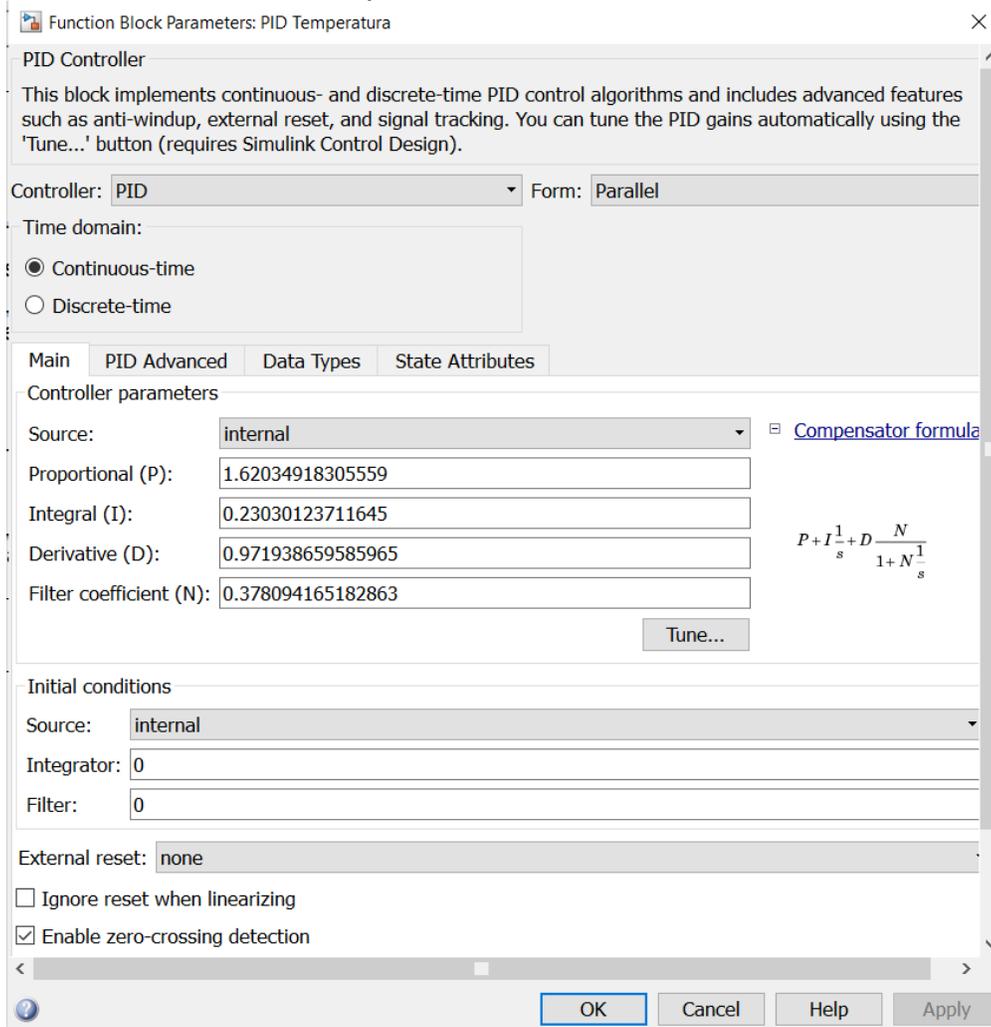
Figura 21:

Respuesta del sistema de control con dos lazos de realimentación



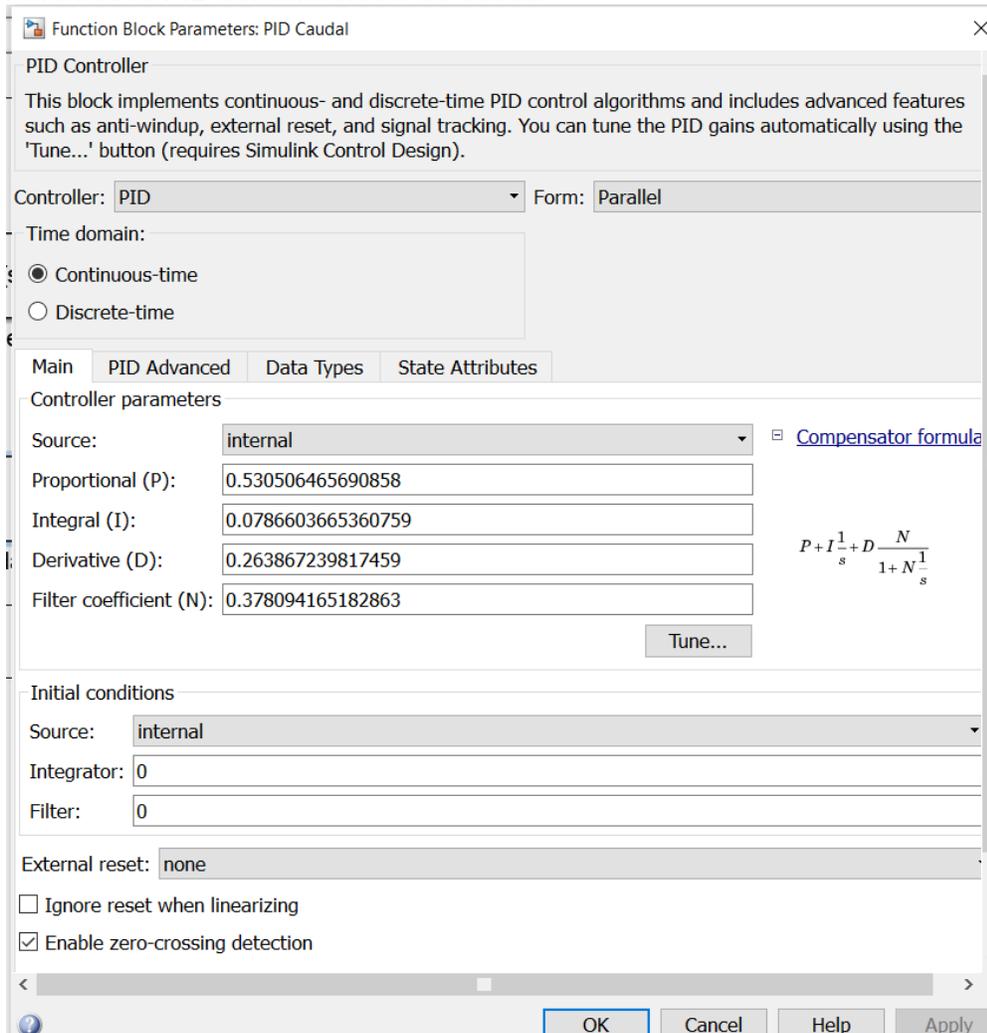
La figura 20 muestra, los parámetros PID del controlador de temperatura, para mantener estable la temperatura interna del compresor. estos parámetros fueron determinados con el tool de auto sintonía de simulink de Matlab.

Figura 22:
Parámetros PID del controlador de temperatura



La figura 21 muestra, los parámetros PID del controlador de caudal, para mantener estable la temperatura del espacio confinado. Estos parámetros fueron determinados con el tool de auto sintonía de simulink de Matlab.

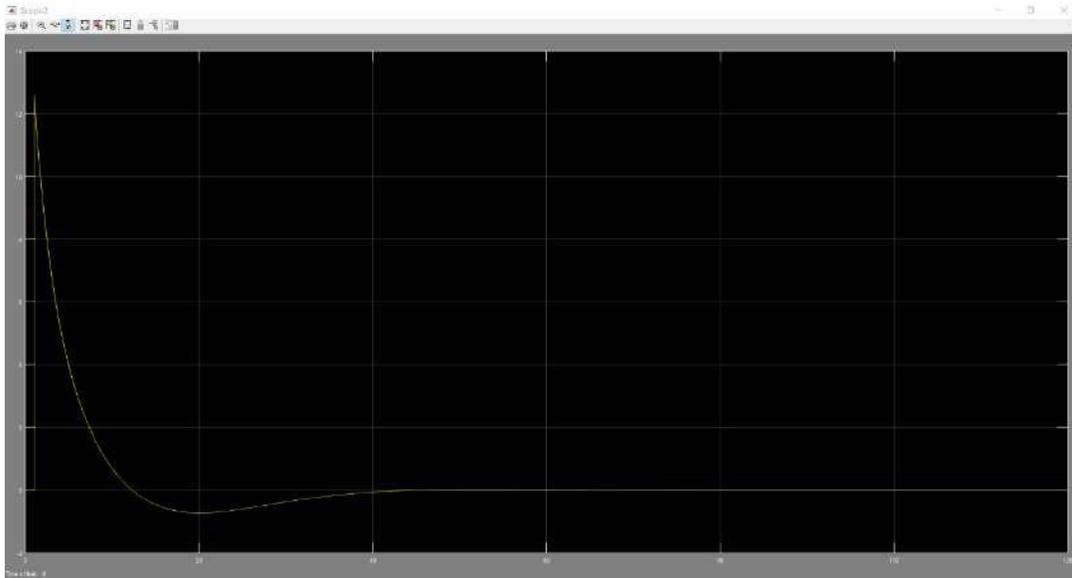
Figura 23:
Parámetros PID del controlador de caudal



En la figura 22, se muestra la acción del controlador para mantener estable la temperatura de salida, controlando el caudal de aire.

Figura 24:

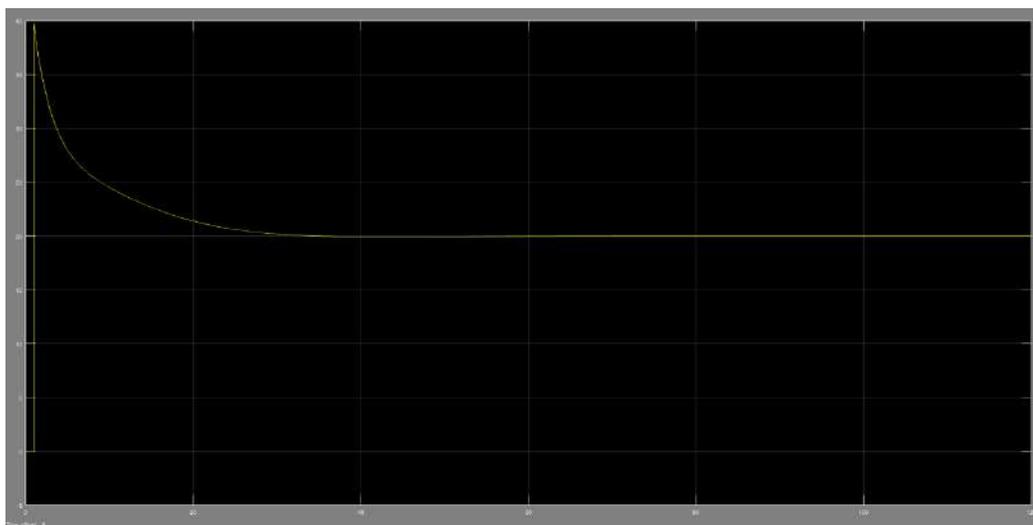
Respuesta de la acción del controlador para mantener estable la temperatura de salida



En la figura 23, se muestra la acción del controlador para mantener estable la temperatura del compresor.

Figura 25:

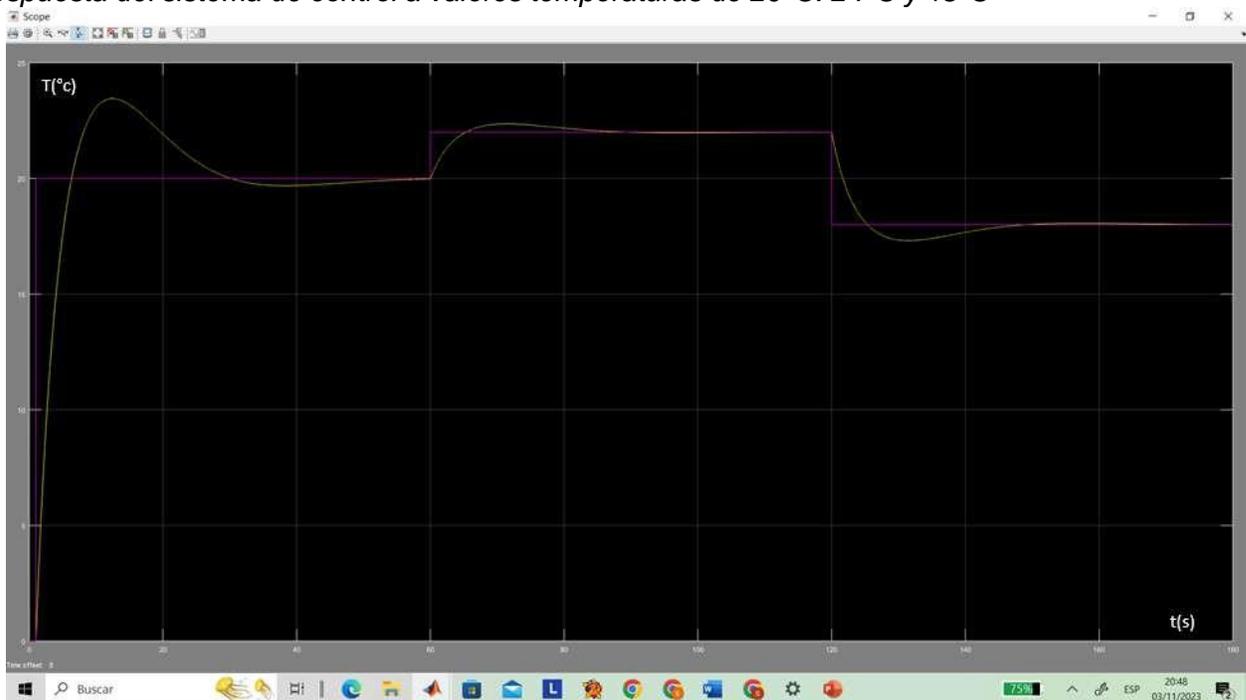
Respuesta de la acción del controlador para mantener estable la temperatura del compresor



En la figura 24, se muestra la respuesta del sistema de control a valores temperaturas de 20°C. 24°C y 18°C. Luego de seteada a 20°C se observa que en 60" el sistema se estabiliza, luego se aplica un nuevo valor de seteo a 24°C logrando estabilizar en 60". Y al setear a 18°C se observa que se estabiliza en 60".

Figura 26:

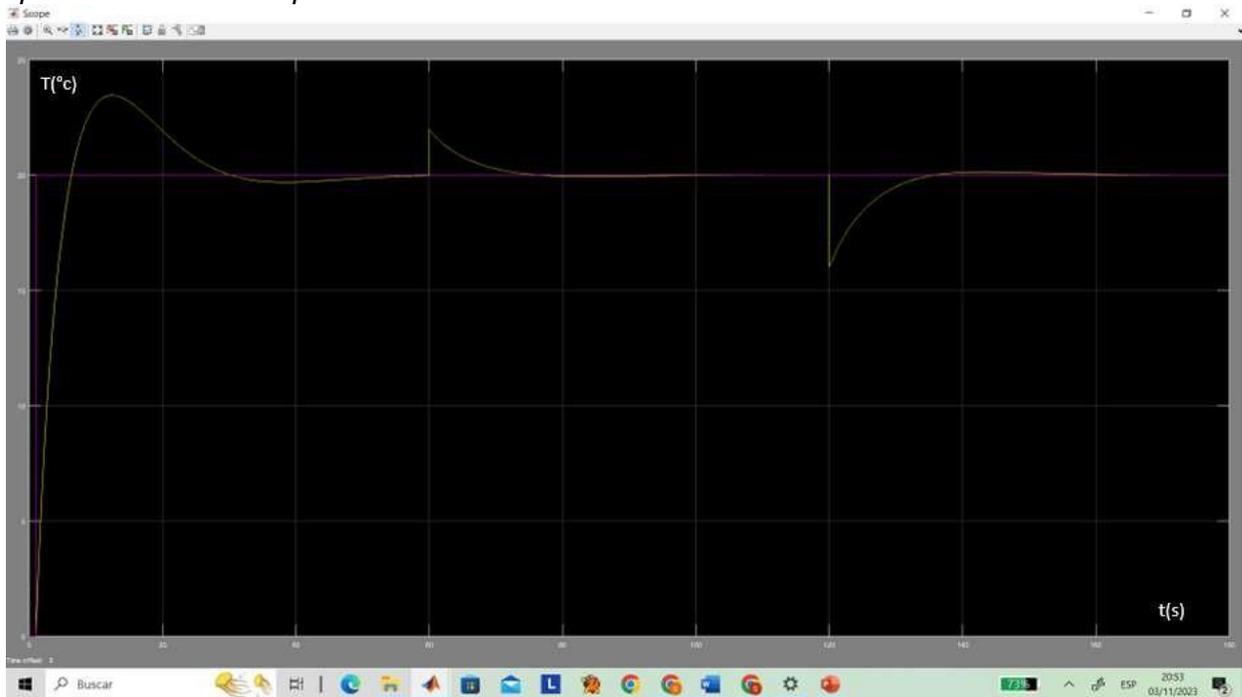
Respuesta del sistema de control a valores temperaturas de 20°C. 24°C y 18°C



En la figura 25, se muestra la respuesta del sistema a perturbaciones de 4°C.

Y se observa que ante las perturbaciones el tiempo de respuesta es de 40s.

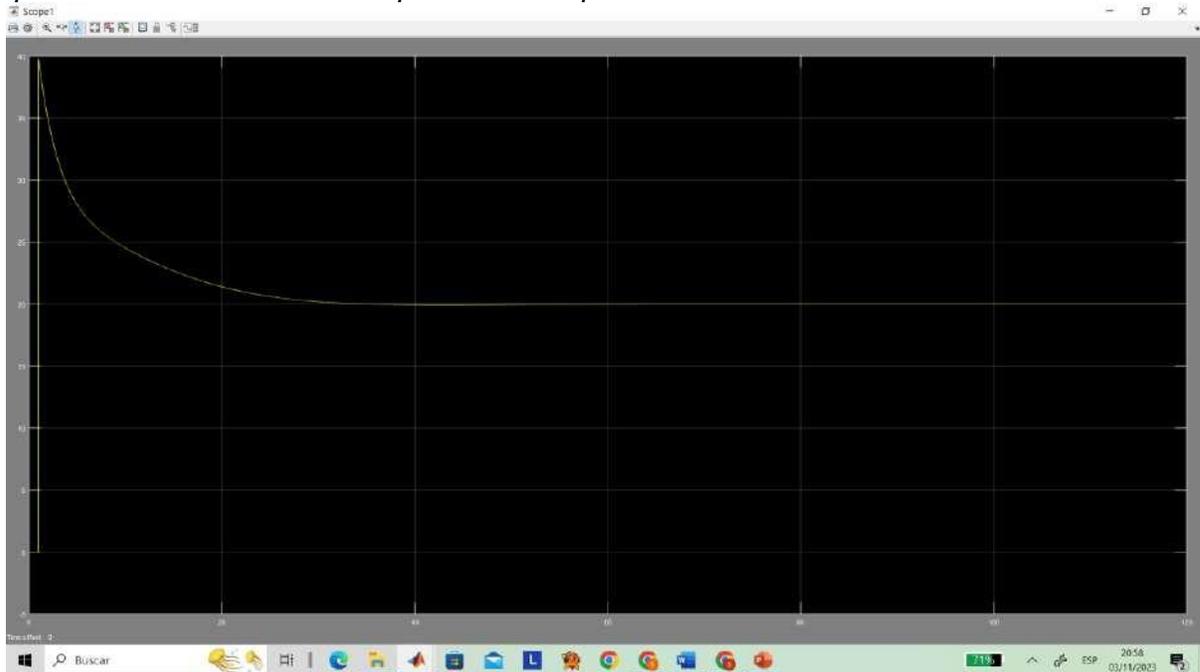
Figura 27:
Respuesta del sistema a perturbaciones de 4°C



En la figura 26, se muestra la respuesta del controlador de temperatura a las perturbaciones de 4°C. En ella se observa que el controlador no se ve afectado por las perturbaciones, debido a que su lazo de realimentación no está desde la variable de proceso.

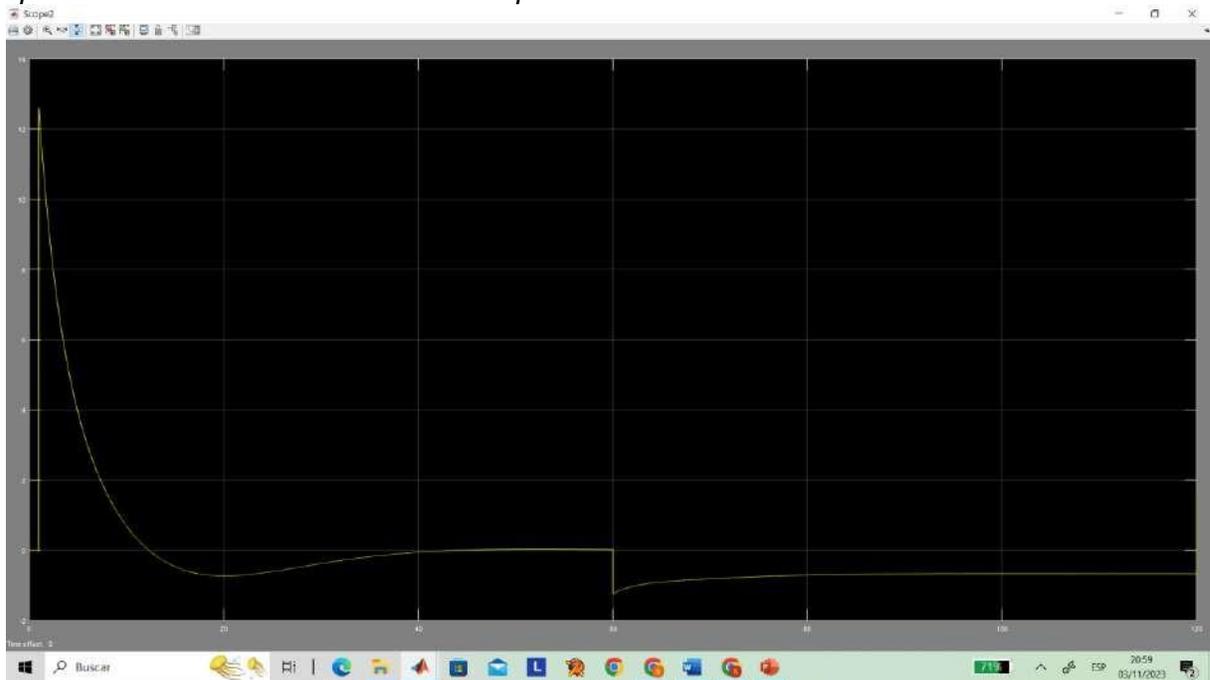
Figura 28:

Respuesta del controlador de temperatura a las perturbaciones de 4°C



En la figura 27, se muestra la respuesta del controlador de caudal a las perturbaciones de 4°C. En ella se observa que el controlador reacciona a las perturbaciones, debido a que su lazo de realimentación está desde la variable de proceso.

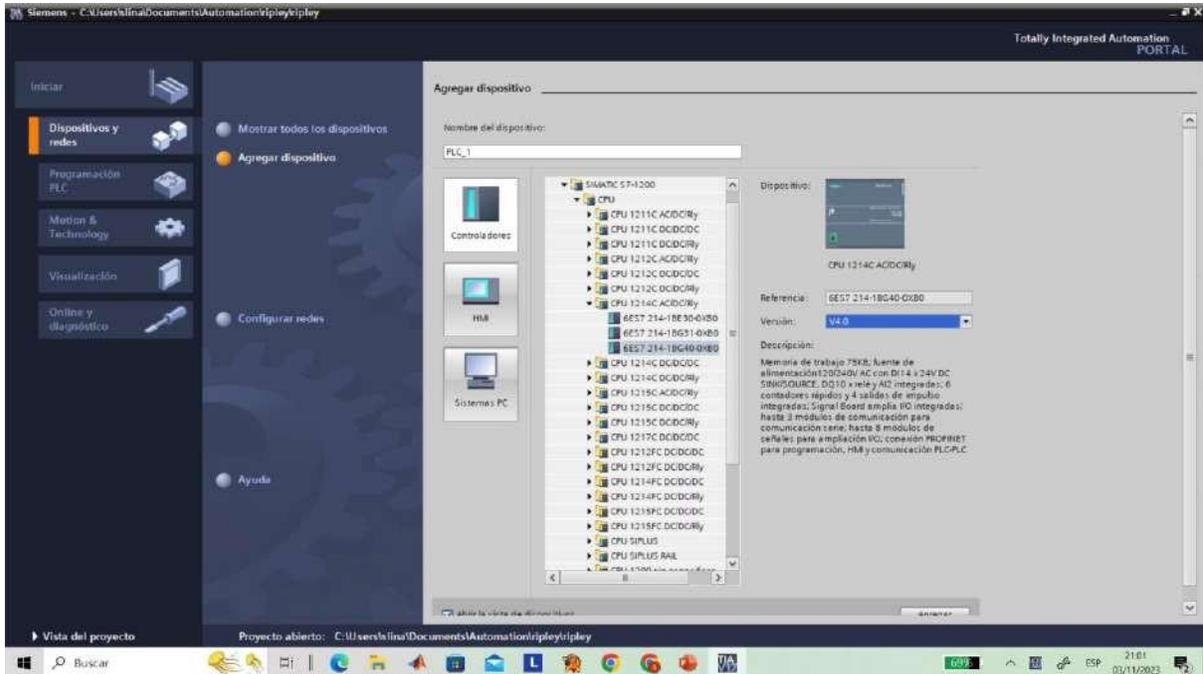
Figura 29:
Respuesta del controlador de caudal a las perturbaciones de 4°C



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL EN TIA PORTAL V17

En la figura 28, se muestra la selección del controlador SIEMENS S7-1200 modelo CPU 1214C AC/DC/RLY

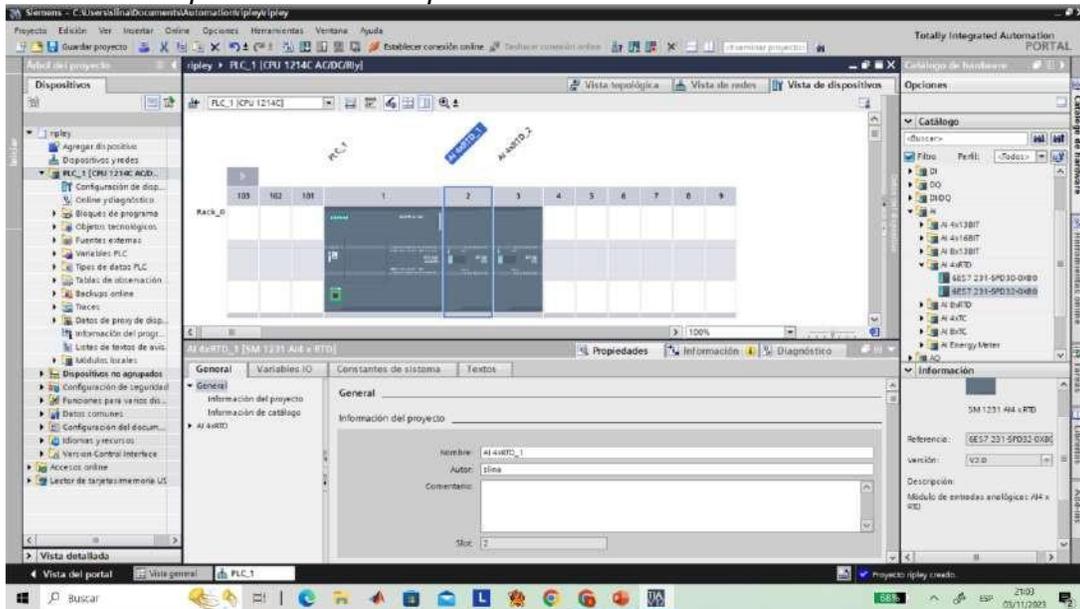
Figura 30:
Selección del controlador SIEMENS S7-1200



En la figura 29, se ha seleccionado el módulo para censar la temperatura del espacio confinado, en la que se ha propuesto colocar 5 sensores, uno en cada vértice y uno en el centro. Debido a que los espacios tienen forma rectangular.

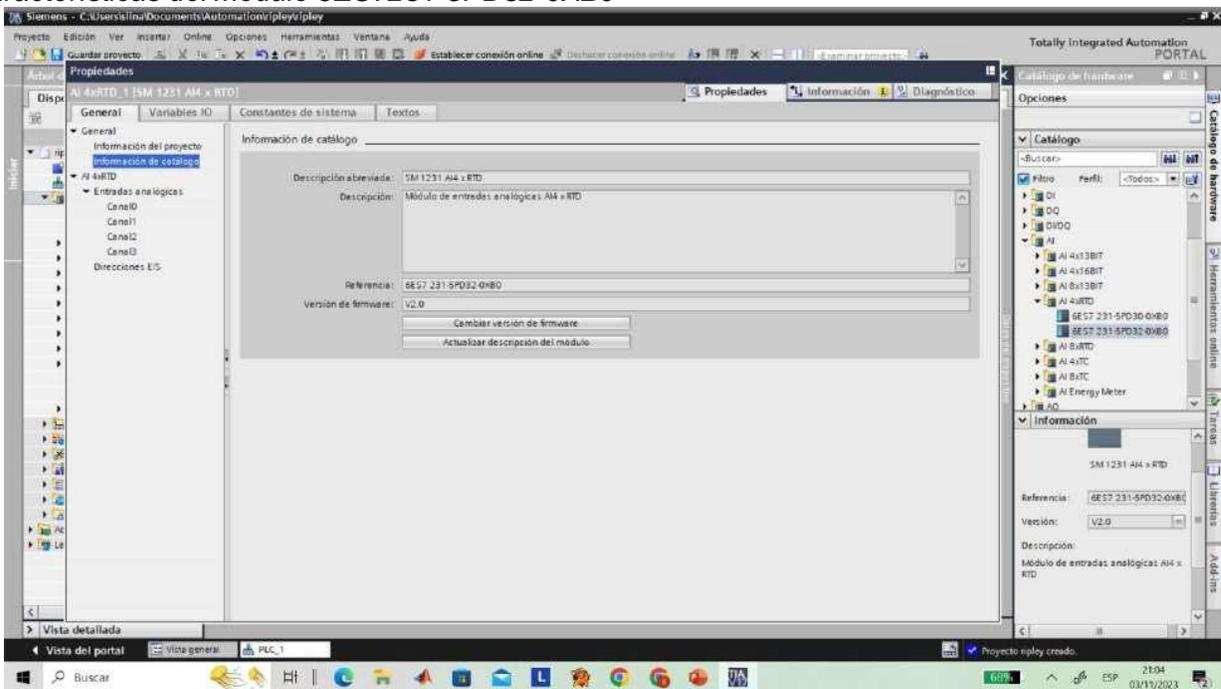
El módulo 6ES7231-5PD32-0XB0 tiene solo cuatro entradas de sensor de temperatura RTD. Por lo que se ha seleccionado dos módulos.

Figura 31:
Selección del módulo para censar la temperatura



En la figura 30, se muestra la información general del módulo 6ES7231-5PD32-0XB0

Figura 32:
Características del módulo 6ES7231-5PD32-0XB0



En la tabla 2, se muestra las direcciones de programación de los cuatro sensores.

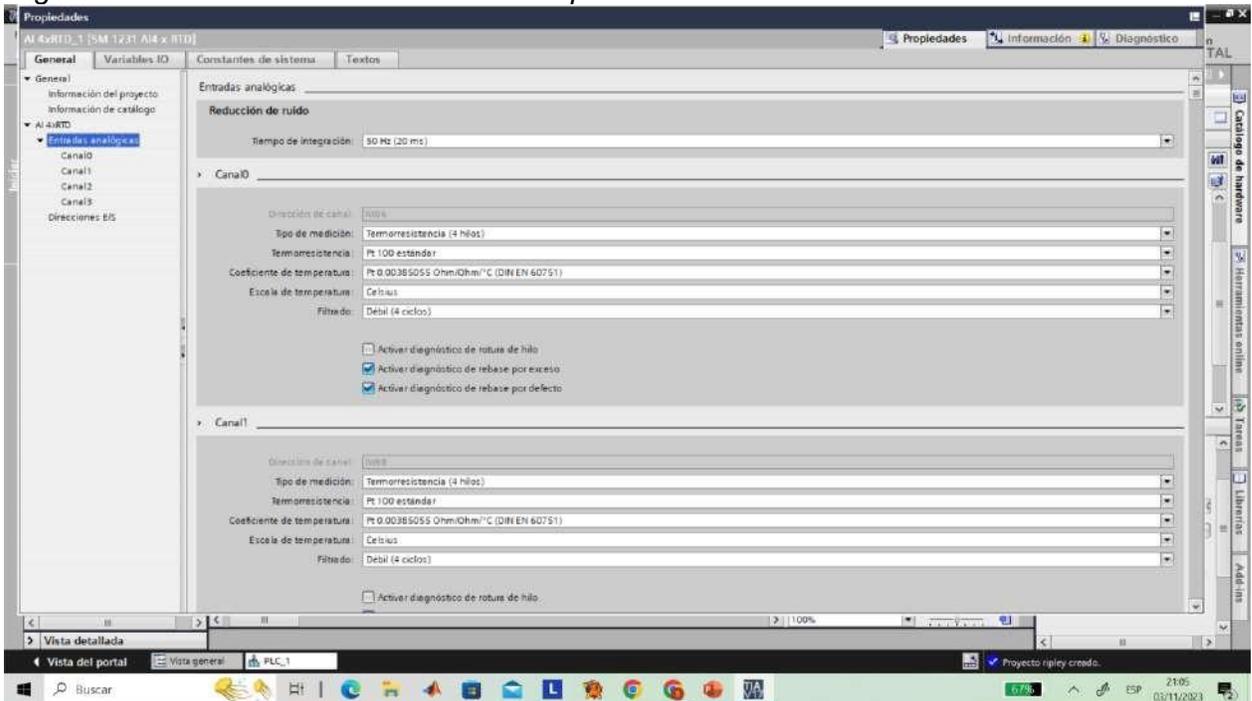
Tabla 2:

Dirección de la programación de entrada

ENTRADA	DIRECCIÓN
Sensor 1	IW96
Sensor 2	IW98
Sensor 3	IW100
Sensor 4	IW102
Sensor 5	IW104

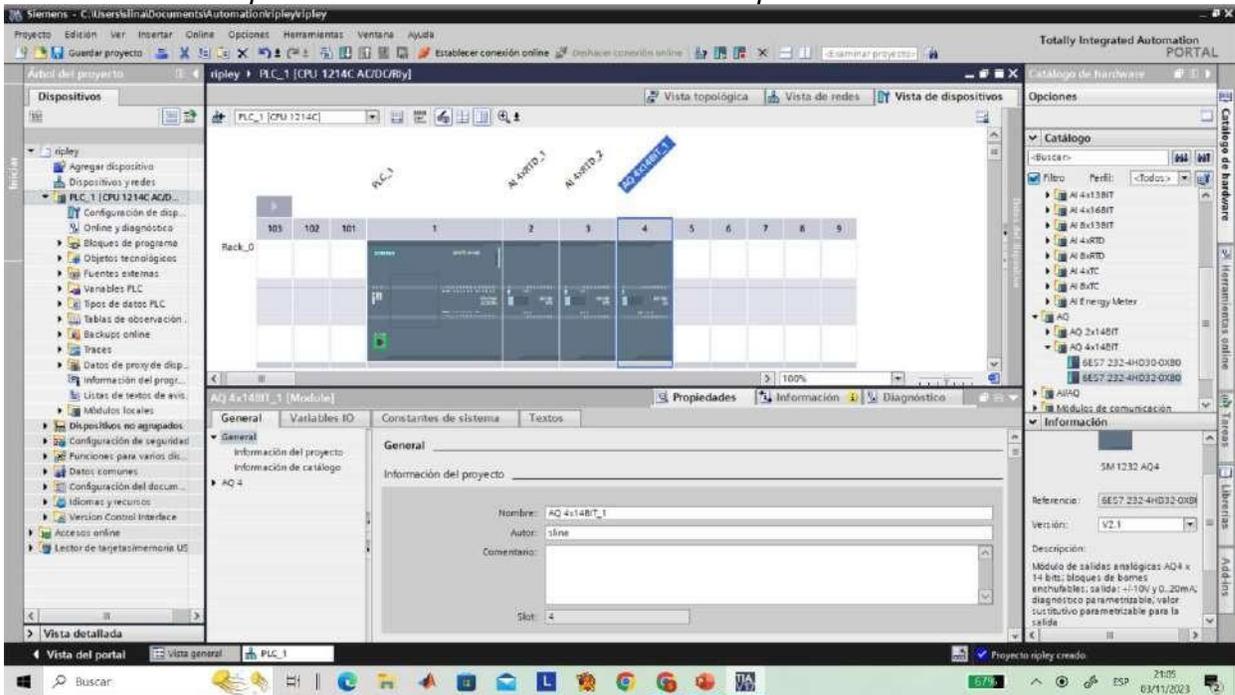
En la figura 31, se muestra la dirección de cada canal del sensor de temperatura

Figura 33:
Configuración de cada canal del sensor de temperatura



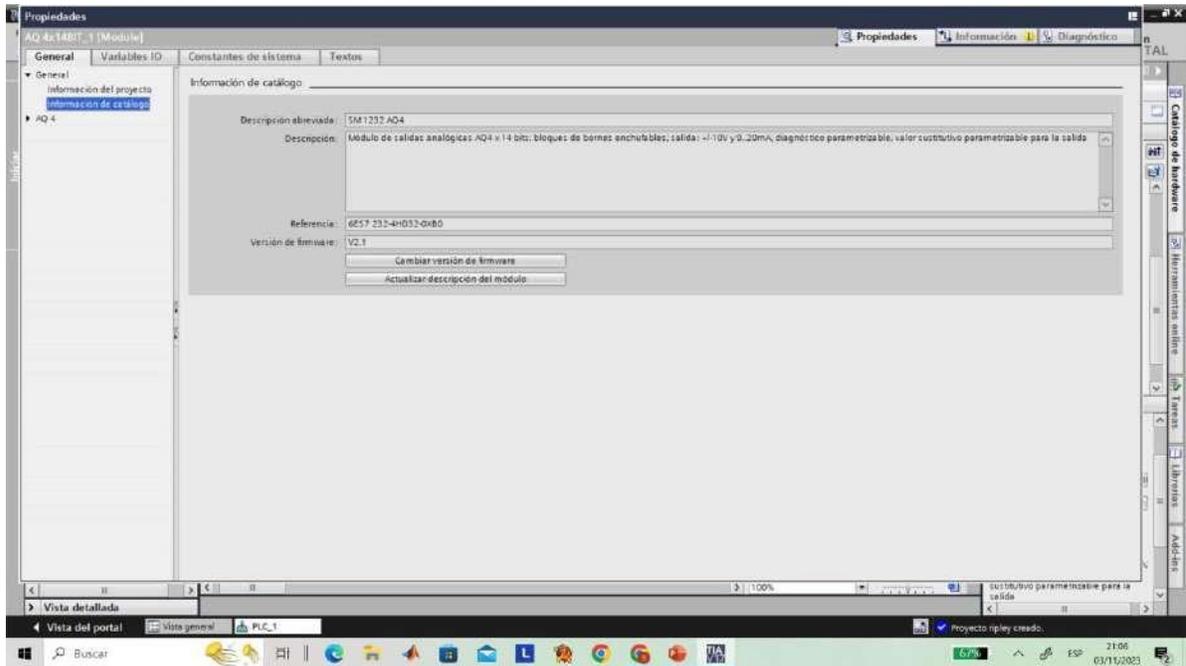
En la figura 32, se ha seleccionado el módulo para controlar el caudal de aire del compresor. Para este fin se ha seleccionado el módulo 6ES7-232-4HD32-0XB0 tiene cuatro salidas analógicas.

Figura 34:
Selección del módulo para controlar el caudal de aire del compresor



En la figura 33, se muestra la información general del módulo 6ES7-232-4HD32-0XB0 el cual consta de cuatro salidas analógicas con una resolución de 14 bits, con salidas configurables +/- 10v y de 0 – 20mA.

Figura 35:
Características del módulo 6ES7-232-4HD32-0XB0



En la tabla 3, se muestra las direcciones de programación de las cuatro salidas.

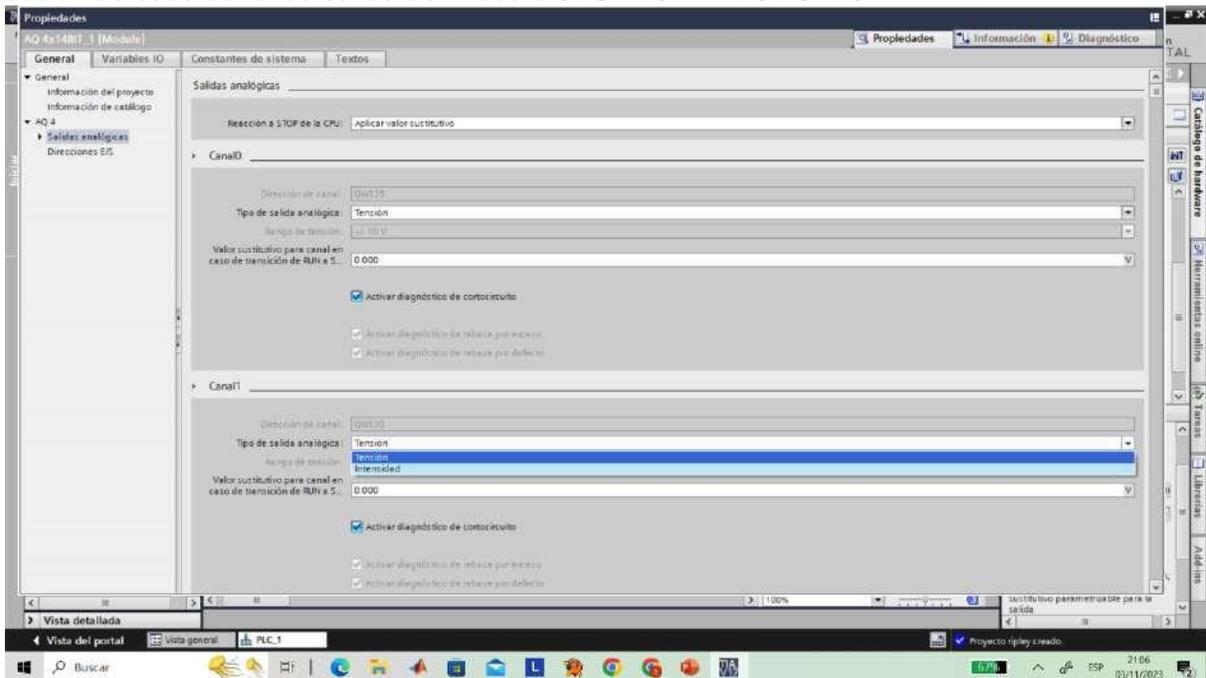
Tabla 3:
Dirección de la programación de salida

SALIDA	DIRECCIÓN
Salida 1	QW128
Salida 2	QW130
Salida 3	QW132
Salida 4	QW134

En la figura 34, se muestra la dirección de cada canal de salida del módulo 6ES7-232-4HD32-0XB0. Los cuales han sido configurados como salida de tensión, en el que se ha

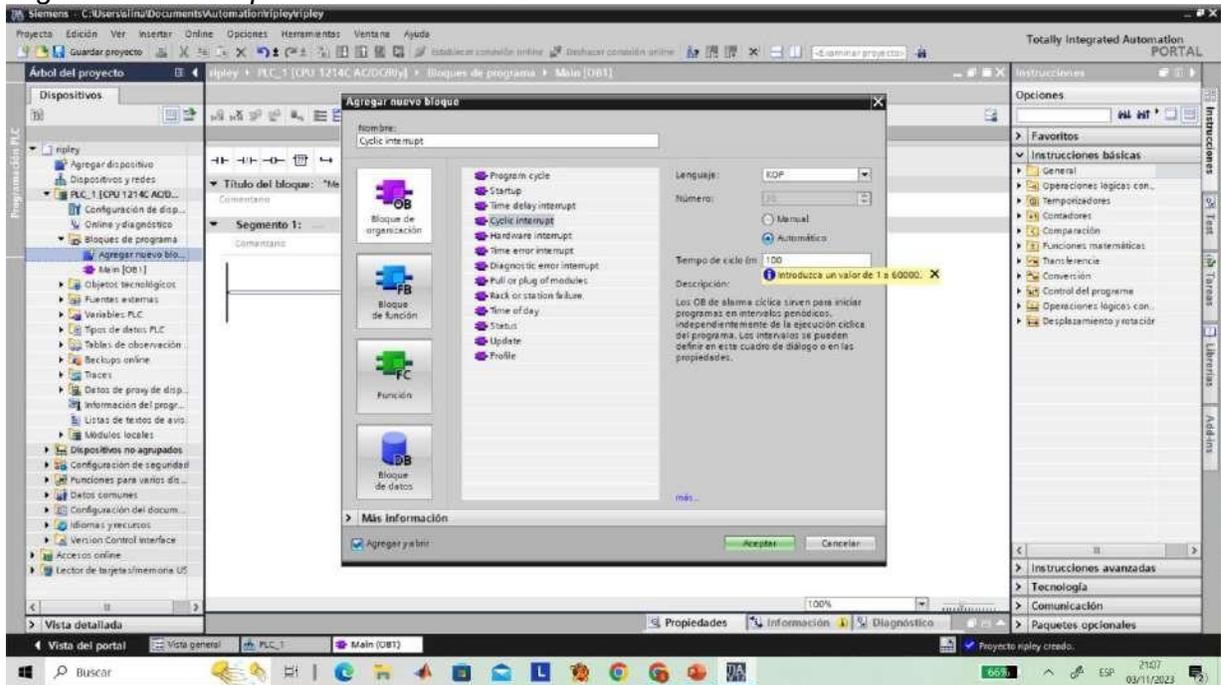
utilizado la salida QW130 para el controlador de caudal y la dirección QW128 para el controlador de temperatura.

Figura 36:
Dirección de cada canal de salida del módulo 6ES7-232-4HD32-0XB0



En la figura 35, se muestra la configuración del bloque de controlador PID con un tiempo de muestreo de 100ms, y lenguaje de programación LADDER.

Figura 37:
Configuración del bloque de controlador PID



En la tabla 4, se muestra los nombres, dirección y tipo de las variables de entrada y salida.

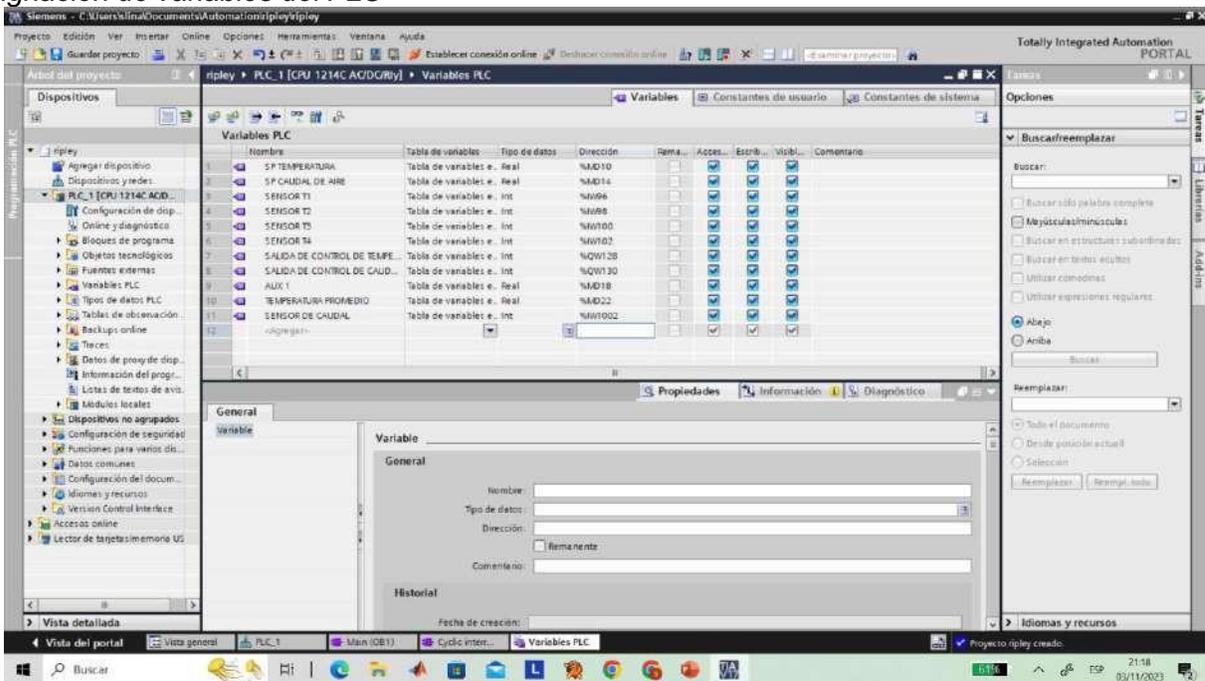
Tabla 4:
Variables de entrada y salida del sistema

NOMBRE	DIRECCIÓN	TIPO
SP TEMPERATURA	MD10	REAL
SP CAUDAL DE AIRE	MD14	REAL
SENSOR T1	IW96	INT
SENSOR T2	IW98	INT
SENSOR T3	IW100	INT
SENSOR T4	IW102	INT
SALIDA DE CONTROL DE TEMPERATURA	QW128	INT

SALIDA DE CONTROL DE CAUDAL	QW130	INT
AUX 1	MD18	REAL
TEMPERATURA PROMEDIO	MD22	REAL
SESNOR DE CAUDAL	IW1002	INT

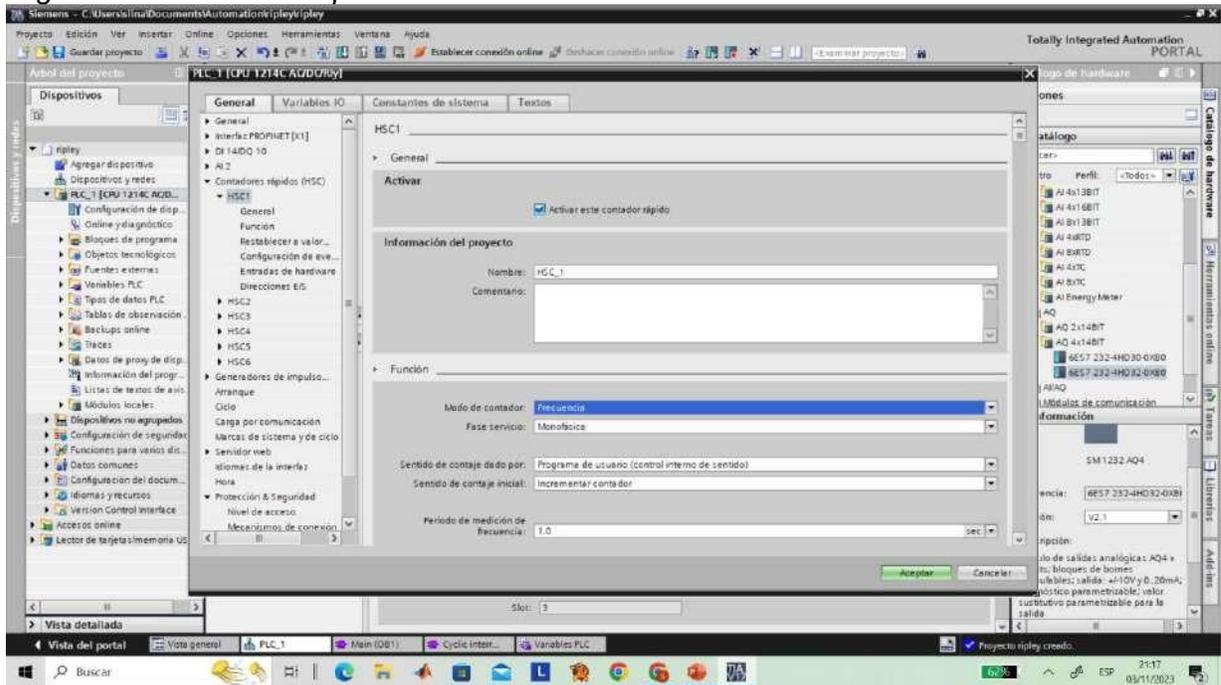
En la figura 36, se muestra la asignación de variables, detalladas a continuación.

Figura 38:
Asignación de variables del PLC



En la figura 37, se muestra la configuración de la entrada para censar el caudal, esta se realiza mediante el contador rápido que tiene embebido el PLC S7-1200 y se le ha asignado un tiempo de muestreo de un segundo. Y su dirección está en IW1002.

Figura 39:
Configuración de la entrada para censar el caudal



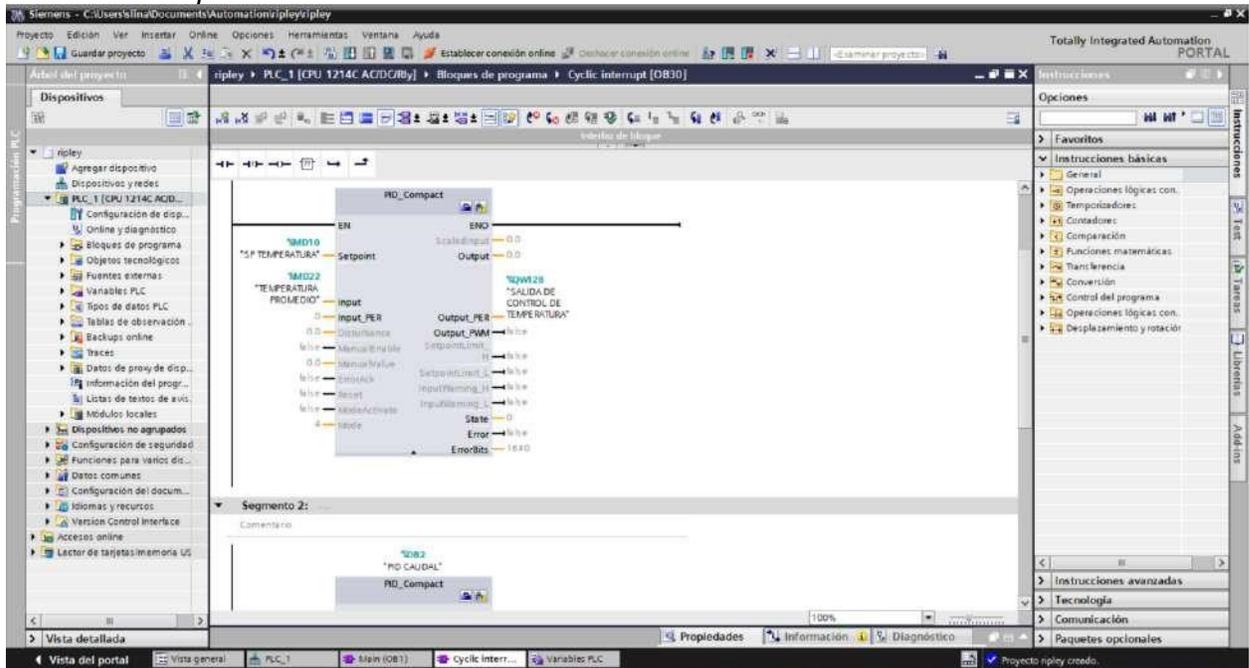
En la tabla 5, se muestra los nombres, dirección de las variables del controlador PID de temperatura

Tabla 5:
Dirección de variables del controlador de temperatura

NOMBRE	DIRECCIÓN
SP TEMPERATURA	MD10
TEMPERATURA PROMEDIO	MD22
SALIDA CONTROL DE TEMPERATURA	QW128

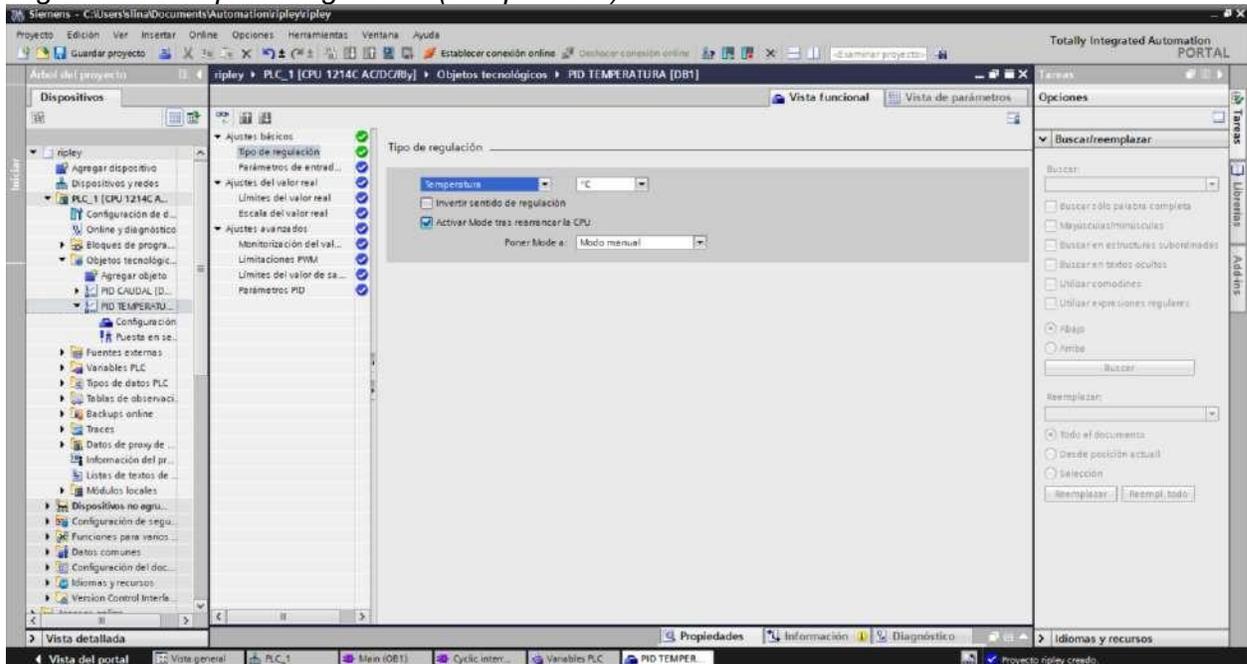
En la figura 38, se muestra la selección del bloque PID para el control de temperatura. En el que se muestra el set point, la variable de proceso y la salida del controlador.

Figura 40:
Selección del bloque PID



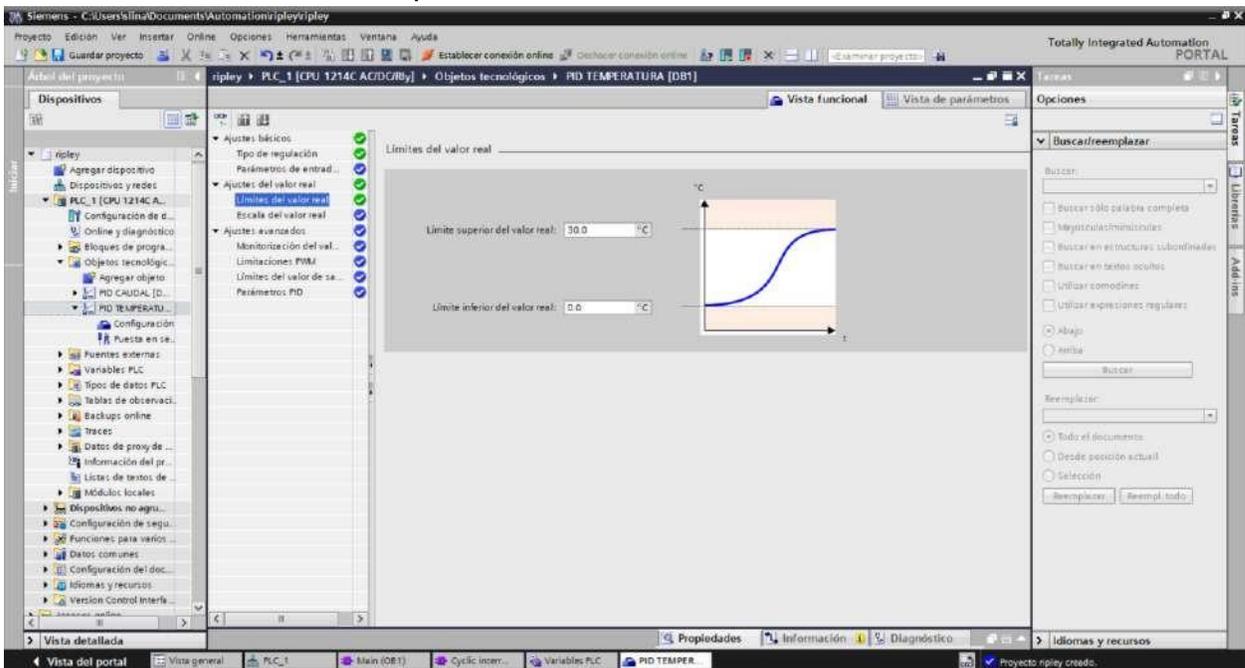
En la figura 39, se muestra la configuración del tipo de regulación, en este caso temperatura en °C.

Figura 41:
Configuración del tipo de regulación (Temperatura)



En la figura 40, se muestra el escalamiento de la variable temperatura en función del tiempo, con un máximo de 30°C.

Figura 42:
Escalamiento de la variable temperatura



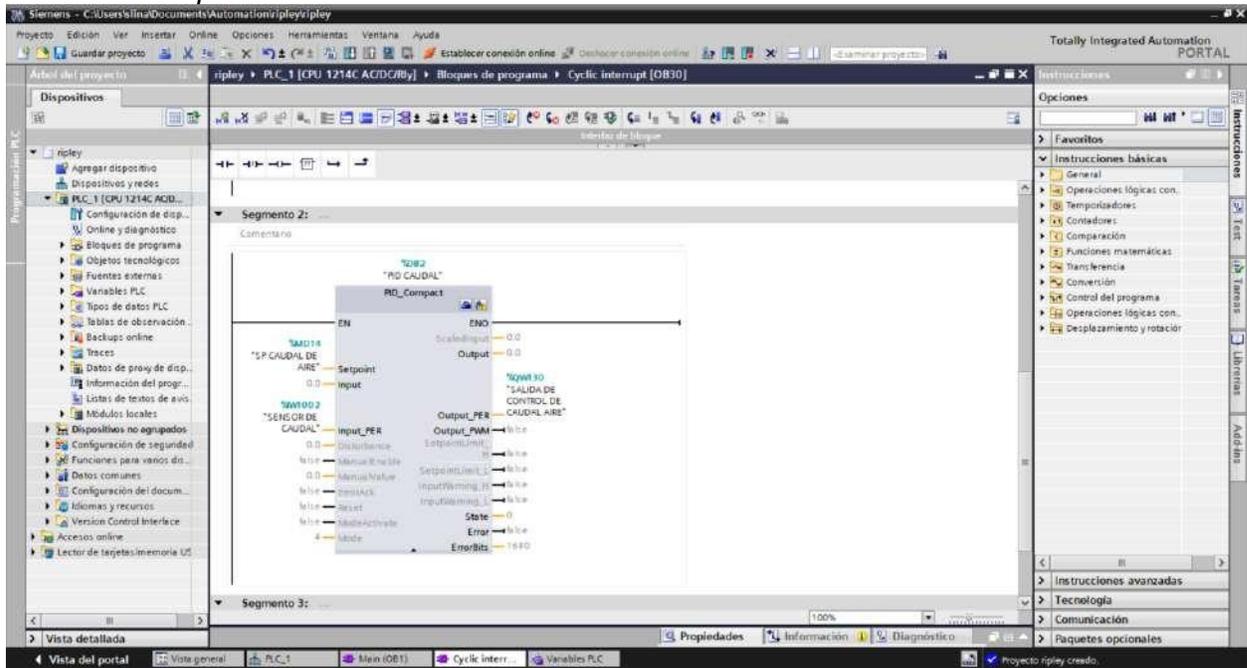
En la tabla 6, se muestra los nombres, dirección de las variables del controlador PID de caudal de aire

Tabla 6:
Dirección de variables del controlador de caudal de aire

NOMBRE	DIRECCIÓN
SP CAUDAL DE AIRE	MD14
SENSOR DE CAUDAL	IW1002
SALIDA CONTROL DE CAUDAL DE AIRE	QW130

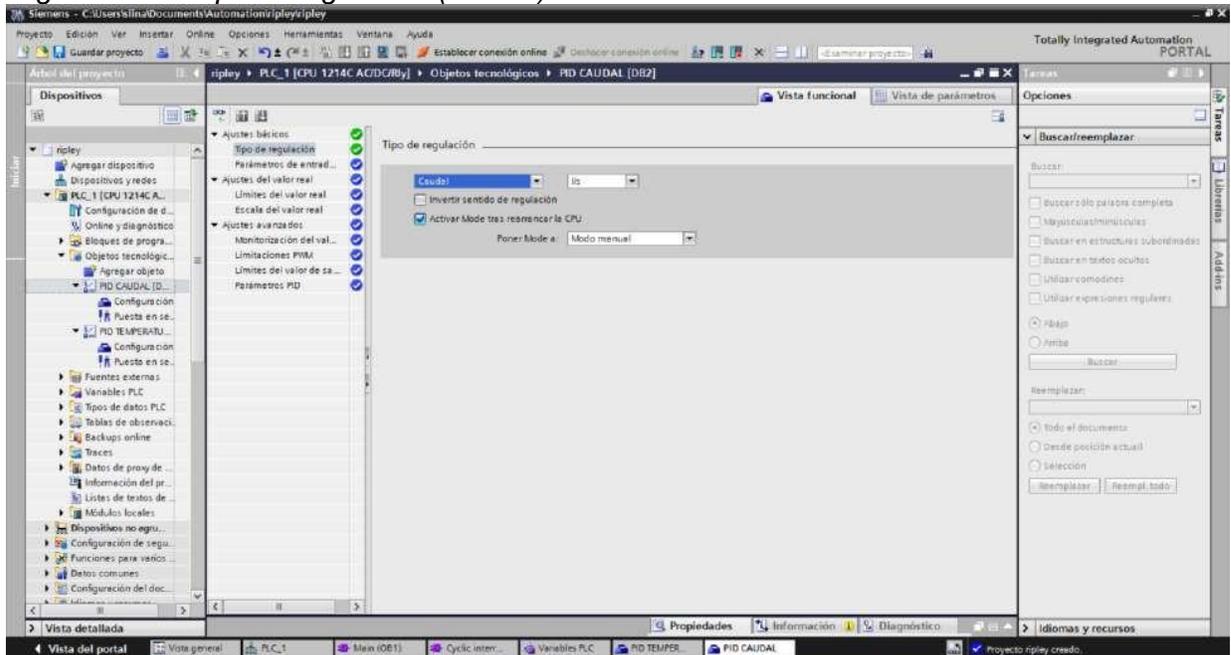
En la figura 41, se muestra la selección del bloque PID para el control de caudal. En el que se muestra el set point, la variable de proceso y la salida del controlador.

Figura 43:
Selección del bloque PID



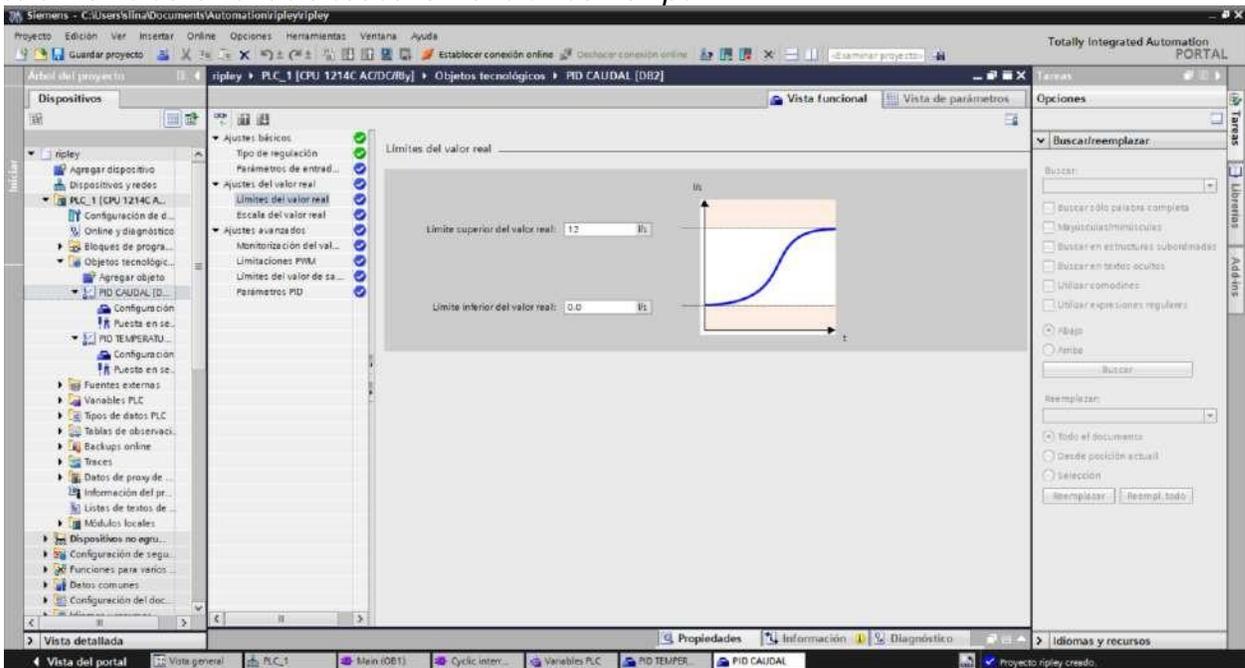
En la figura 42, se muestra la configuración del tipo de regulación, en este caso caudal en l/s.

Figura 44:
Configuración del tipo de regulación (Caudal)



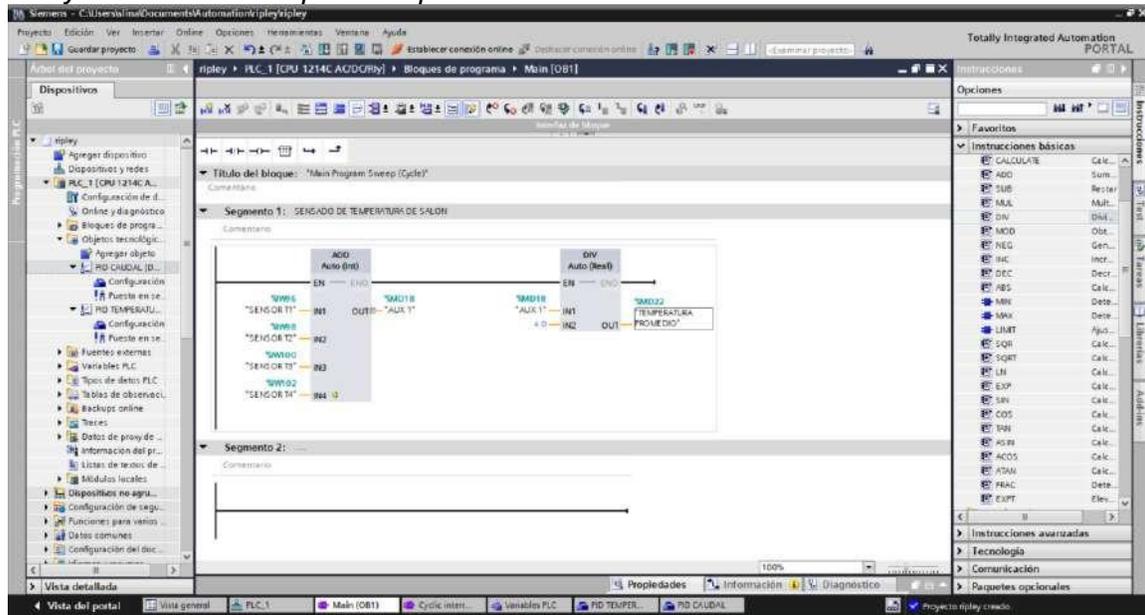
En la figura 43, se muestra el escalamiento de la variable caudal en función del tiempo, con un máximo de 12l/s.

Figura 45:
Escalamiento de la variable caudal en función del tiempo



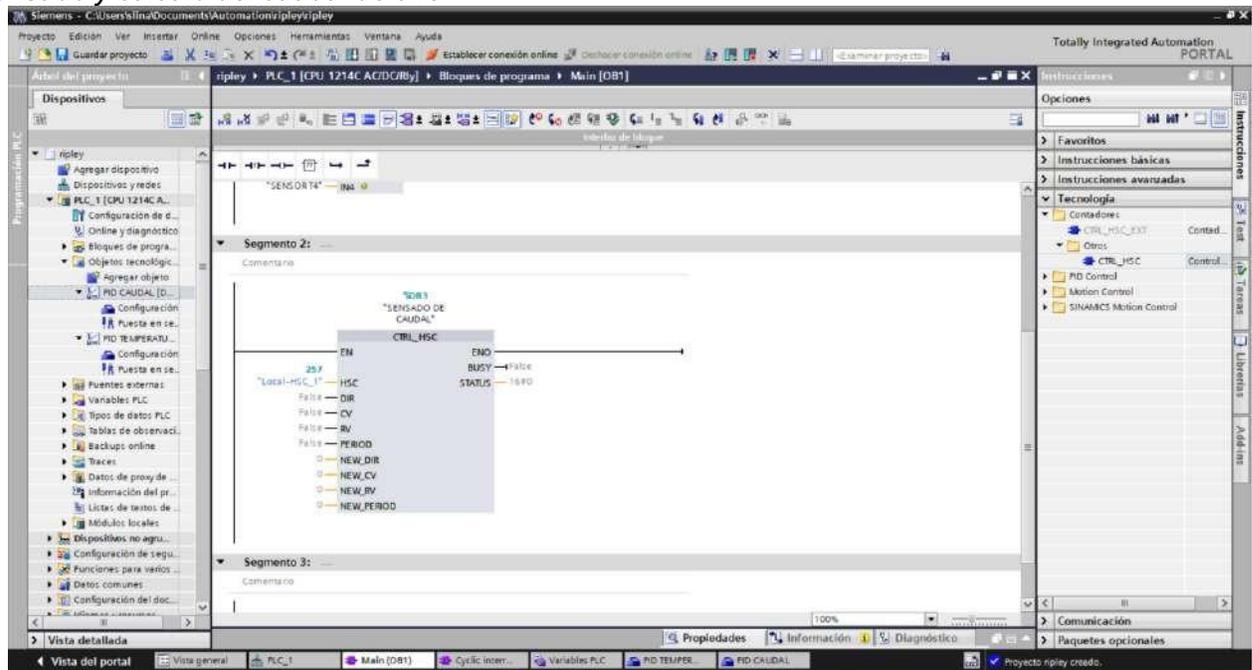
En la figura 44, se muestra el censado y cálculo de la temperatura promedio del espacio confinado.

Figura 46:
Censado y cálculo de la temperatura promedio



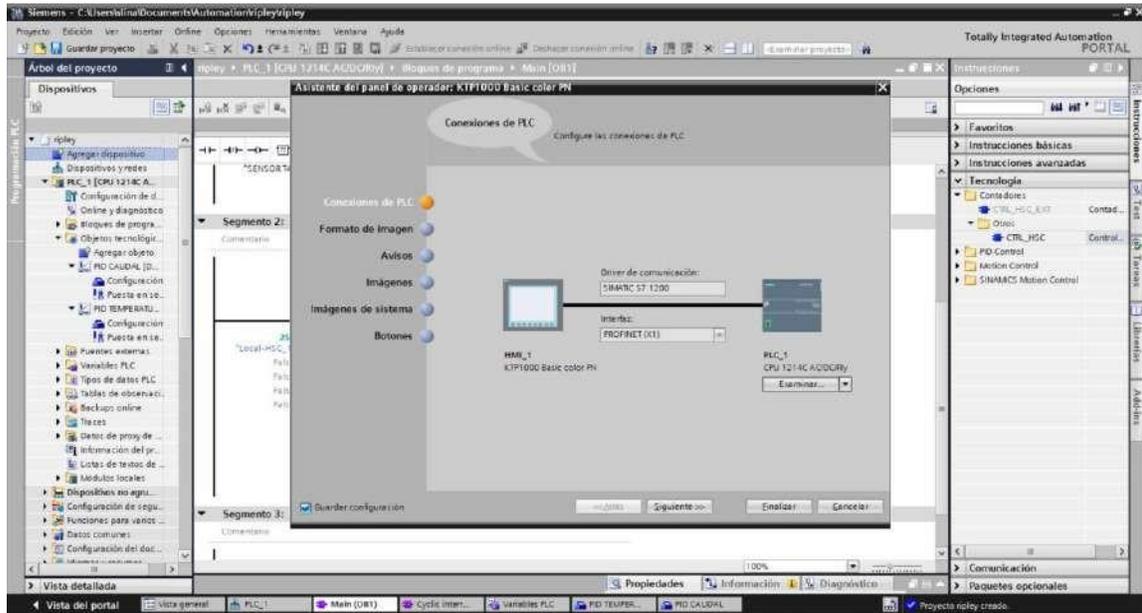
En la figura 45, se muestra el censado y cálculo del caudal de aire.

Figura 47:
Censado y cálculo del caudal de aire



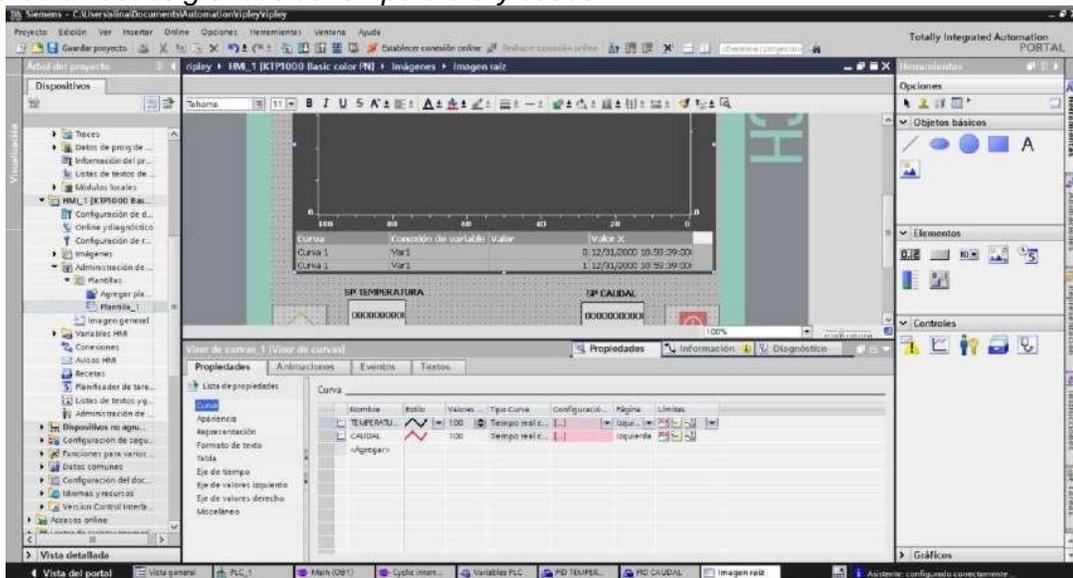
En la figura 46, se muestra la selección del HMI, con la finalidad de demostrar la temperatura del habitáculo.

Figura 48:
Selección del HMI



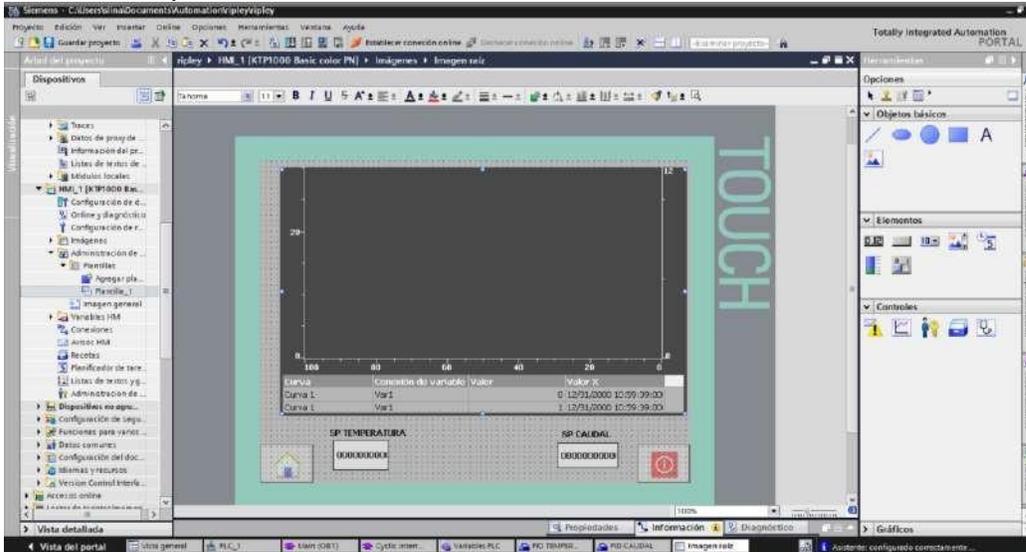
En la figura 47, se muestra la configuración de los gráficos de temperatura y caudal.

Figura 49:
Configuración de los gráficos de temperatura y caudal



En la figura 48, se muestra el diseño final del panel HMI.

Figura 50:
Diseño final del panel HMI.

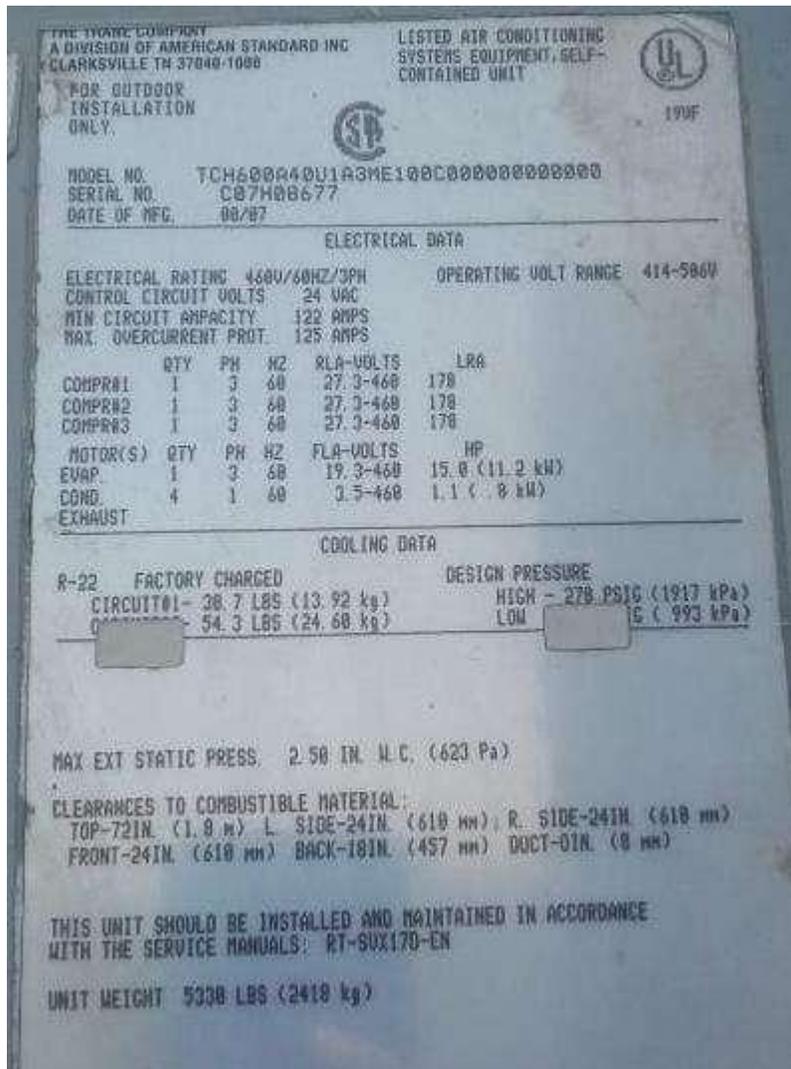


4.2. Análisis e interpretación de resultados

Considerando los siguientes datos de placa del equipo, se realiza el siguiente calculo y dimensionamiento:

Voltaje de trabajo: 414 - 506 VAC TRIFASICO

Frecuencia: 60 Hz



Tomando en consideración que este equipo contiene 03 Compresores del mismo tamaño de carcasa y consumo de corriente. Se realiza el cálculo de la potencia en HP para el dimensionamiento del variador de frecuencia.

Según lo descrito en su placa RLA (Running Load Amps / Amperaje de carga nominal) es de 27.3A a 460 VAC trifásico.

	QTY	PH	HZ	RLA-VOLTS
COMP#1	1	3	60	27.3-460
COMP#2	1	3	60	27.3-460
COMP#3	1	3	60	27.3-460

Reemplazando en la siguiente formula:

$$HP_{AC\ 3\phi} = \frac{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times E \times F.p \times I_{AC}}{746}$$

Donde:

V_{L-L} : Voltaje línea – línea

E : Eficiencia

$F.p$: Factor de potencia

I_{AC} : Intensidad nominal

Para este caso:

Voltaje: 460VAC

Eficiencia: 85%

Factor de potencia: 0.8

Intensidad nominal: 27.3A

$$HP_{AC3\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 460 \times 0.85 \times 0.8 \times 27.3}{746}$$

$$HP_{AC3\phi} = 19.83\ HP$$

$$HP_{AC3\phi} = 20\ HP$$

Se puede deducir que cada compresor según el consumo es de 20HP a 460VAC

Se dimensionará el variador de frecuencia para que pueda controlar a los 03 compresores a la vez tomando en consideración el siguiente criterio:

Asegurar que la intensidad nominal del variador debe ser superior o igual a la suma

de las corrientes de los motores que se han de controlar.

En este caso la potencia final sería: 20HP x 03 Compresores = 60 HP potencia final

Considerando un sobredimensionamiento de un 20% ya que se suele trabajar en 440VAC- 460VAC.

$60 \text{ HP} * 0.2 = 12\text{HP}$ Valor final= $60 + 12 = 72\text{HP}$

Capacidad del variador más próximo: 75HP

Las características del variador de frecuencia serían las siguientes:

Voltaje de trabajo: 440-460 VAC trifásico

Potencia: 75HP

Aplicación: HVAC

Variadores recomendados:

SINAMICS G120X SIEMENS / Precio: 23500 soles + IGV

ATV630 SCHNEIDER ELECTRIC / Precio: 25100 + IGV

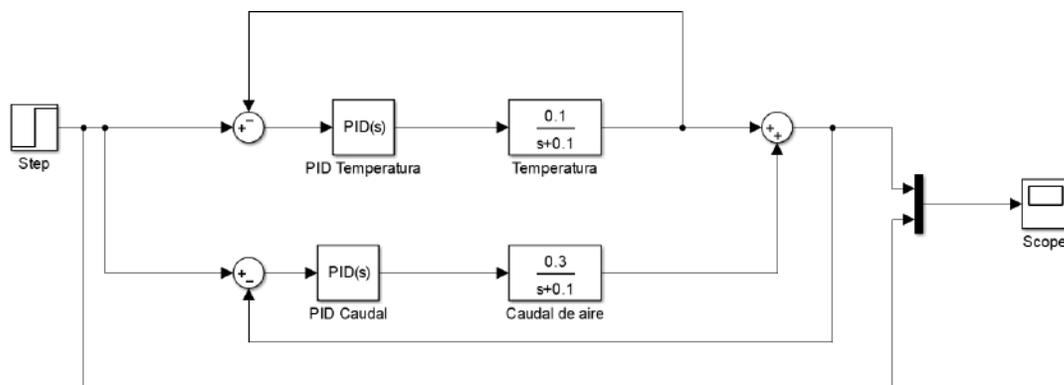
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Para determinar los requerimientos del sistema de temperatura para el proceso de climatización de tiendas Ripley Trujillo, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- ✓ Disminución del consumo de energía
- ✓ Disminución del tiempo de control a menos de 3 minutos
- ✓ Cambio de seteo de temperatura de discreto a continuo.
- ✓ Control de temperatura del espacio confinado.

La estrategia control seleccionada es a través de un sistema realimentado con control de temperatura interna constante y control de temperatura externa a través de caudal. Como se presenta en la figura 49.

Figura 51:
Estrategia de control de temperatura



Se seleccionó en controlador S7-1200 debido a su amplio en este tipo de procesos, así como su gran cantidad de suministros.

Se seleccionó los sensores de temperatura PT100

Se seleccionó el variador de velocidad, él cual actuará en los tres compresores que tiene el equipo Rooftop.

CONCLUSIONES

Se determinó los requerimientos del sistema de temperatura para el proceso de climatización de tiendas, mediante la aplicación de una encuesta realizada al personal técnico de tiendas RIPLEY para conocer la realidad de los sistemas de aire acondicionado.

Se seleccionó la estrategia control, que consiste en un sistema realimentado con control de temperatura interna constante y control de temperatura externa a través de caudal.

Se seleccionó la instrumentación necesaria para el funcionamiento de la estrategia de control a aplicar, la cual consta de un PLC marca SIEMENS S7-1200, cinco sensores de temperatura PT100, un variador de velocidad y la pantalla HMI marca SIEMENS.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios para la implementación de un controlador difuso, ya que este evitará el modelamiento de la planta y se centrará en la experiencia del operario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antaurco, M. (2014). *Plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado en el edificio de Komatsus Mitsui, basado en un método de confiabilidad*. Lima.

Azuero, A. Á. (diciembre de 2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *KOINONIA*, IV, 110-127. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062667>

Bolton, W. (Diciembre de 2006). *Ingeniería de Control*. Mexico D.F: Alfaomega Grupo Editor. S.A.

Calle, D., Espinoza, C., & Molina, C. (2021). *Propuesta de rediseño de layout en cámara de mantención de frío para mejorar el despacho de uva en empresa Ecosac Agrícola S.A.C., Piura*. Lima.

Chotón Posadas, H. B., & Reque Rubio, G. M. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de control automático para el acuario "ralfish" en la ciudad de trujillo*. Trujillo.

Cisneros, G. (2018). *Diseño de un sistema de refrigeración de 42.1 TR de capacidad frigorífica usando la tecnología VRV para un supermercado*. Lima.

Cortes, V., & Vargas, M. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin*. Bogotá.

Creus, A. (2010). *Instrumentación Industrial*. México: Alfaomega.

Figuroa, M. (2020). *Diseño del sistema de aire acondicionado automatizado para un edificio corporativo*. Lima-Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecatrónico,

Universidad Ricardo Palma. Disponible en

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3550?show=full>

- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Santa Fe: McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A.
- Huamán, J. (2020). *Diseño de una cámara frigorífica fotovoltaica para la conservación de vacunas en el centro de salud del distrito de Chongoyape*. Chiclayo.
- Izquierdo, C., & Pezántes, B. (2022). *Sistema de dosificación inteligente en las plantas de tratamiento de agua potable de la Empresa Intal CIA LTDA*. Cuenca. *jriegopresurizado*. (3 de marzo de 2004).
Obtenido de *jriegopresurizado*:
<http://www.jriegopresurizado.org.pe/>
- Kuo, B. (1996). *Sistemas de control automático*. Mexico: Prentice Hall.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid: Pearson Educacion.
- Quispe, J., & Torres, C. (2018). *Diseño de un sistema automatizado de dosificación de cloro para mejorar la calidad del agua potable en el sistema de abastecimiento de la comunidad La Planta - Paijan - La Libertad*. Trujillo.
- Ramirez, M. (2015). *Optimización y mejora en la etapa de chancado/aglomerado/lixiviación en Minera Anita Ltda*. Tesis de maestría, Universidad Nacional José María Arguedas, Antofagasta. Recuperado el 17 de Junio de 2019, de <http://www.unjfsc.pe.dr/>
- Reque, G. M., & Chotón Posadas, H. B. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de control automático para el acuario "ralfish" en la ciudad de trujillo*. Trujillo.
- Rodríguez, V. (2010). *Diseño del sistema de control para la ventilación de una mina subterránea usando una controladora AC800M*. Lima.

Trane (2014). Sistema Rooftops. Argentina. Obtenido de :
<https://www.trane.com/commercial/latin-america/ar/es/products-systems/comercial%20dx/rooftop-systems.html>

Ruiz, A. (2019). Los sistemas de climatización (aire acondicionado o sistema aire-aire). España. obtenido en: <https://www.alvaroruizarquitectura.com/los-sistemas-de-climatizacion-aire-acondicionado-sistema-aire-aire-n-35-es#:~:text=Los%20sistemas%20de%20climatizaci%C3%B3n%20son,una%20buena%20salubridad%20del%20aire.>

Túllume Agapito, J., & Llontop Farroñay, R. M. (2016). *Automatización e implementación de un sistema scada para mejorar el desempeño del sistema de izaje por winches en minería subterránea de la compañía minera Casapalca. S.A. Lambayeque.*

ANEXOS

Encuesta para conocer la realidad de los sistemas de aire acondicionado en tiendas por departamento Ripley

Área de trabajo: *Electricidad y Supervisión*
Cargo: *Técnico/Supervisor Mantenimiento Eléctrico*
Tiempo laborando: *4 años*

I. Contesta las siguientes preguntas

1. ¿Cuánto tiempo usted se demora en encender los sistemas de aire acondicionado en tiendas Ripley?
Un promedio de 8 minutos
2. ¿Qué procedimientos sigue usted para el encendido del aire acondicionado?
Subir a la azotea (Allí se encuentran los Rooftops) y encenderlo uno por uno mediante un switch en / off que tiene cada equipo (Hay un total de 07 rooftops)
3. ¿Conoce usted el gasto energético que causa el encendido progresivo de los sistemas de aire acondicionado?
Genera picos de energía y estos son ellos causando mayor consumo y desgaste en los equipos
4. ¿Qué acciones usted aplica para la regulación de la temperatura de los sistemas de aire acondicionado?
Cada equipo cuenta con un termostato analógico ubicado en piso de la tienda, en cada área respectiva y estos están muy altos, por lo tanto se mantiene la temperatura en el mismo rango
5. ¿Está de acuerdo o conforme con la regulación de la temperatura en tienda y banco Ripley?
Sí, debido a que se hace de manera autónoma o mediante un programa que permite encender desde una área remota
6. ¿Conoce usted algún sistema mejorado de regulación de temperatura para el sistema de aire acondicionado?
*Sistema de termorregulación
- Sistema de Controladores y Reguladores*

7. Describa como es que desearía que se realizara la regulación de temperatura.

Mediante un programa o Software para poder desde ahí controlar el encendido, apagado y regular la temperatura en todo.

8. ¿Cree usted que es necesario un sistema de supervisión por la variación de temperatura entienda, de ser necesario indique que requerimientos debe tener este sistema?

Alrededor mediante un sistema que controle el historial de asistencia de clientes a la tienda ya que hay días que hay menos gente y esto genera a que la temperatura no esté muy baja, cosa contraria ocurre los fines de semana, donde debe estar operando todo los equipos y a una temperatura mas baja.

Encuesta para conocer la realidad de los sistemas de aire acondicionado en tiendas por departamento Ripley

Área de trabajo: *Ripley*

Cargo: *Jr.*

Tiempo laborando: *4 años*

I. Contesta las siguientes preguntas

1. ¿Cuánto tiempo usted se demora en encender los sistemas de aire acondicionado en tiendas Ripley?

→ Entre 10-15 min. los tres niveles. (OS mont)

2. ¿Qué procedimientos sigue usted para el encendido del aire acondicionado?

→ Subir a la azotea y levantar la azotea.

3. ¿Conoce usted el gasto energético que causa el encendido progresivo de los sistemas de aire acondicionado?

Desconoce.

4. ¿Qué acciones usted aplica para la regulación de la temperatura de los sistemas de aire acondicionado?

→ Solo lo manejo al aire de mantenimiento.

5. ¿Está de acuerdo o conforme con la regulación de la temperatura en tienda y banco Ripley?

Si. Es lo adecuado.

6. ¿Conoce usted algún sistema mejorado de regulación de temperatura para el sistema de aire acondicionado?

Si - Digitales los cuales se instalan en cada piso de venta.

7. Describa como es que desearía que se realizara la regulación de temperatura.

- Manual, cada cosa en cada piso de hecho
con regulador de temperatura.

8. ¿Cree usted que es necesario un sistema de supervisión por la variación de temperatura entienda, de ser necesario indique que requerimientos debe tener este sistema?

Si, lo haría Rply tener el caso de mantener
que se encargue de de la función

SOLICITO: Permiso para realizar trabajo de investigación.

Señor: Luis Enrique Pérez Caballero

GERENTE DE TIENDAS POR DEPARTAMENTO RIPLEY TRUJILLO

Yo, **JUAN CARLOS MEDINA SILES**, identificado con DNI N° 72238707 con domicilio en la Urb. Rosa de America Mz O lote 29 y provincia de Trujillo. Ante Ud. respetuosamente me presento y expongo:

Que, habiendo culminado la carrera profesional de **Ingeniería Electrónica** en la Universidad Privada Antenor Orrego de la ciudad de Trujillo, solicito a Ud. permiso para realizar un trabajo de investigación en la Institución sobre **"ESTUDIO DE LA MEJOR ESTRATEGIA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE TIENDAS RIPLEY TRUJILLO 2023"**, para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

Trujillo, 05 de junio de 2023



JUAN CARLOS MEDINA SILES
DNI N° 72238707



LUIS ENRIQUE PÉREZ CABALLERO
GERENTE DE SACURSAL
RIPLEY TRUJILLO