



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
TEMPERATURA PARA UN FERMENTADOR DE CERVEZA
ARTESANAL.**

**Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico.**

Autores:

Darwin Fabricio Lanchimba Ruiz

Danilo Alexander Narváez Hernández

Tutor Académico:

Ing. M.Sc. Luigi Orlando Freire Martínez

Latacunga-Ecuador

2021

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de un Sistema de Control de Temperatura para un Fermentador de Cerveza Artesanal.

Fecha de inicio: 05/04/2021

Fecha de finalización: 14/08/2021

Lugar de ejecución: El proyecto se desarrolla en el Laboratorio de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus la Matriz, en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Felipe.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica.

Equipo de Trabajo:

Tutor

Apellidos: Freire Martínez

Nombres: Luigi Orlando

Cédula de Identidad: 050252958-9

Email: luigi.freire@utc.edu.ec

Ponente 1

Apellidos: Lanchimba Ruiz

Nombres: Darwin Fabricio

Cédula de Identidad: 172593166-9

Email: darwin.lanchimba1669@utc.edu.ec

Ponente 2

Apellidos: Narváez Hernández

Nombres: Danilo Alexander

Cédula de Identidad: 100302676-0

Email: danilo.narvaez6760@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, industria y construcción. / 071 Ingeniería y Profesiones Afines. / 0714 Electrónica y automatización.

En la actualidad en la Ingeniería, industria y construcción mediante la Ingeniería y Profesiones Afines se aplica la Electrónica y automatización.

Línea de investigación:

Procesos industriales

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Automatización, control y protección de sistemas electromecánicos.

2 INTRODUCCIÓN:

2.1 EL PROBLEMA:

La carencia de control de temperatura en el proceso de fermentación de cerveza artesanal genera notables pérdidas en la calidad del producto final como sería en el sabor del producto y en la alteración de las características propias de la cerveza artesanal, por lo tanto los artesanos no consideran una buena inversión la adquisición de un fermentador automatizado porque resulta costoso y no valdría su inversión para las personas que lo hacen de manera artesanal en pequeñas cantidades, por ende, se analiza el costo de un fermentador automatizado que es exactamente usado en este tipo de procesos de fermentación y la importancia del control de temperatura en una cámara de fermentación.

2.1.1 Situación Problémica:

En la actualidad en el aspecto de la elaboración de cerveza artesanal la fermentación es el proceso más importante de la elaboración de cerveza. Según se realice su elaboración y composición, producirá resultados diferentes por lo cual existen distintos parámetros de elaboración [1], en sí este proyecto tiene como finalidad demostrar la importancia del control de temperatura en este proceso para así mejorar el sabor, calidad del producto y la eficiencia del prototipo que se va desarrollar considerando lo más importante que es reducir el costo de fabricación. Esto significa que la vida real los tiempos de fermentación pueden variar considerablemente entre lotes de cerveza de la misma calidad considerando el tipo de mezcla del mosto [2].

La temperatura de fermentación sea cual sea el ambiente que se lleva a cabo, así como el tipo de levaduras utilizado, son de gran relevancia al reproducir un estilo de cerveza determinado, por lo cual, en la producción es común usar refrigeración para controlar la temperatura en el proceso de fermentación [3].

2.1.2 Formulación del problema:

- ¿Cómo el inadecuado proceso de fermentación de cerveza artesanal incide en disminuir la calidad del producto en cuanto a su sabor?
- ¿El control de temperatura en un fermentador puede reducir la alteración de sabores y características de la cerveza artesanal?

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

330000 Ciencias de la Tecnología. /3310 Tecnología industrial. / 3310.03 Procesos Industriales. / 3311 Tecnología de la instrumentación. / 3311.01 Tecnología de la Automatización. /3311.02

Ingeniería de Control. / 3311.16 Instrumentos de Medida de la Temperatura.

Dentro de las Ciencias de la Tecnología se encuentran los procesos industriales, mediante la tecnología de la automatización, ingeniería de control, instrumentación de medida de la temperatura permite realizar un sistema con control de temperatura.

2.3 BENEFICIARIOS:

La propuesta está dirigida directamente como beneficiario al **PhD. Carlos Torres** en calidad de director de Investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, e indirectamente a toda persona que requiera de los conocimientos impartidos en la propuesta para mejorar la calidad de Fermentación de Cerveza Artesanal como micro empresas dentro de la provincia de Cotopaxi.

2.4 JUSTIFICACIÓN:

Se pretende generar una iniciativa de mejora en un proceso de fermentación casero y llevarlo a nivel industrial, el cual trata de desarrollar un prototipo capaz de realizar de manera eficaz el control de temperatura en un ambiente sellado herméticamente para ayudar en el proceso de fermentación de cerveza a las personas que lo hacen de manera artesanal en pequeñas cantidades, por ende se analiza el costo de un fermentador automatizado que es exactamente usado en este tipo de procesos de fermentación y cumple con los requisitos para mejorar la calidad del producto que a su vez comprar uno industrial resulta sumamente costoso.

El control de temperatura en el proceso de fermentación de cerveza artesanal es esencial en el área de calidad del producto, por lo cual se identifica que el control de temperatura en el ambiente donde los artesanos fermentan el producto no es adecuado. Por lo tanto, diseñar una cámara hermética con control de temperatura para el proceso de fermentación de cerveza artesanal mediante un control PID con el cual se mejorará la calidad de la cerveza con un control constante durante un periodo establecido por el propietario. También, se describirán los conceptos relacionados con la teoría de control de temperatura, se mencionan características del microcontrolador utilizado para el sistema de control y el proceso de diseño del fermentador con su sistema de refrigeración y calefacción dentro de la cámara hermética adecuada para el proceso.

Por lo cual el realizar un prototipo de un fermentador automatizado eficaz y de un costo inferior al comercial conocido a nivel industrial, ya que, así se puede demostrar que dentro del país también se pueden generar productos de calidad y competir a nivel mundial.

2.5 HIPÓTESIS

La aplicación de un prototipo de control de temperatura ambiente de una cámara hermética o depósito de un fermentador automatizado totalmente en un periodo establecido por el usuario, puede reducir la alteración de sabores y características de la cerveza artesanal, para así mejorar la calidad del producto en cuanto al sabor y generar posibles soluciones tecnológicas para pequeñas microempresas que realizan esta labor, mediante este prototipo se pretende reducir costos de inversión para el proceso y mejorar la calidad de la cerveza manteniendo sus características como cristalización y grados de alcohol.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General:

Desarrollar un sistema de control de temperatura para mejorar el proceso de fermentación de cerveza artesanal actual mediante un prototipo electrónico.

2.6.2 Específicos:

- Investigar el proceso de automatización de un depósito de fermentación para el control de temperatura.
- Diseñar un prototipo automatizado para el control y supervisión de temperatura dentro del proceso de fermentación de cerveza artesanal.
- Implementar el control más adecuado para cada proceso dentro del sistema, y un registrador de datos para su respectivo análisis.
- Demostrar el funcionamiento del prototipo en el control de temperatura desarrollado, mediante pruebas de laboratorio.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.1. Actividades a desarrollar para el proceso.

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar el proceso de automatización de un depósito de fermentación para el control de temperatura.	<ul style="list-style-type: none">- Desarrollar el marco teórico referente al proceso que se va desarrollar.- Conocer los parámetros adecuados para la automatización.- Determinar las temperaturas necesarias para el proceso de fermentación.	<ul style="list-style-type: none">- Ideas claras de los conceptos básicos del sistema de control que se va realizar.- Obtención de las características de los equipos del sistema en cuanto a su vida útil.	<ul style="list-style-type: none">- Material bibliográfico: investigación en Repositorios de distintas Universidades, Artículos Científicos.

		- Temperatura correcta de fermentación y control del proceso a 5 °C a 20 °C.	
Diseñar un prototipo automatizado para el control y supervisión de temperatura para el proceso de fermentación de cerveza artesanal.	<ul style="list-style-type: none"> - Elegir el equipo correcto para el control del proceso. - Determinar el sistema de refrigeración más adecuada para el proceso. - Analizar los distintos tipos de sistemas control. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elección de Materiales para la construcción del prototipo. - Elección del sistema de refrigeración eficaz para el proceso. - Sistema de Control proporcional, integral y derivativo (PID) eficaz para el proceso de fermentación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Software para el diseño y elección de materiales (SolidWorks). - Tutorías con distintos docentes de la Carrera. - Tablas referenciales de las características de los distintos elementos utilizados para el desarrollo del prototipo.
Implementar el control más adecuado para cada proceso dentro del sistema, y un registrador de datos para su respectivo análisis.	<ul style="list-style-type: none"> - Construir el prototipo diseñado anteriormente para la etapa de control en el proceso. - Construir un dispositivo capaz de registrar los datos del sistema una vez puesto en marcha. - Registrar los datos de la variable temperatura a controlar durante el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prototipo listo para desarrollar las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema. - Prototipo capaz de generar una base de datos. - Temperatura adecuada para el sistema de control seleccionado para el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Simulación en software de programación y elaboración de circuitos electrónicos y eléctricos (Proteus y IDE microcontrolador ATmega). - Librerías adecuadas para sensores y control del sistema. - Libros de electrónica.
Demostrar el funcionamiento del prototipo en el control de temperatura desarrollado, mediante pruebas de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar las pruebas de laboratorio necesarias para comprobar el funcionamiento del sistema. - Crear un HMI para la manipulación del control del sistema. - Recopilar los datos en una base de datos. - Analizar los datos obtenidos mediante el registrador desarrollado durante el proceso de diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento del sistema en su totalidad. - Análisis capaz de mejorar el sistema de control. - Se comprueba si el sistema es eficiente o no. 	

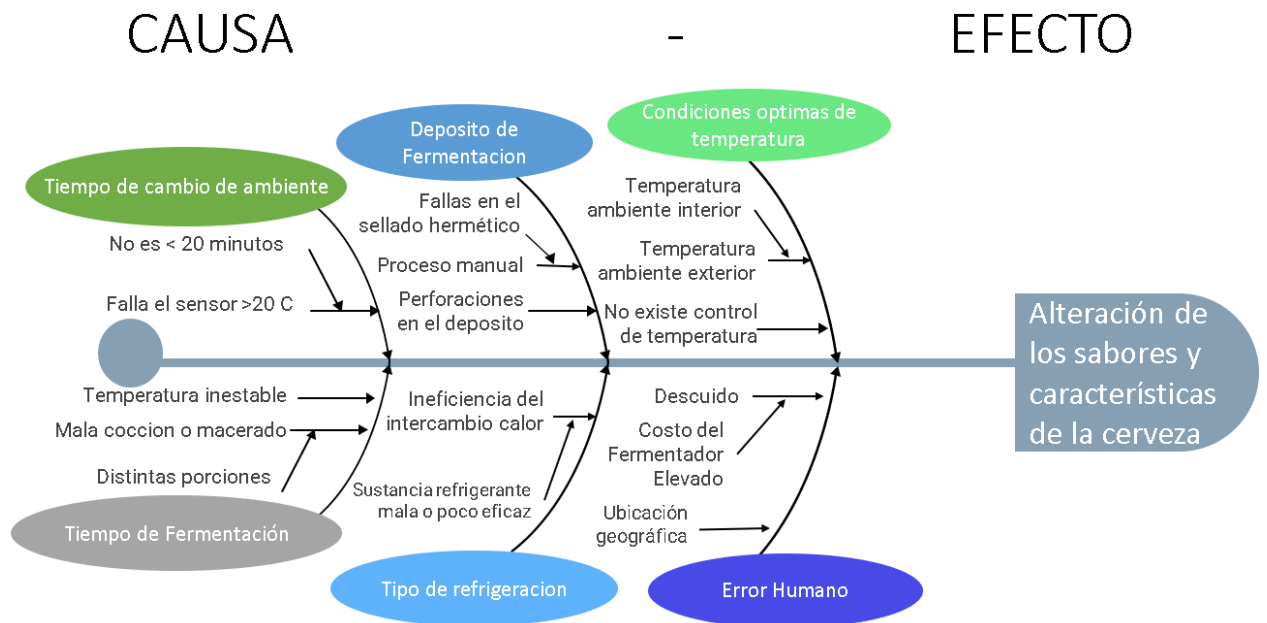


Figura 2.1. Diagrama causa efecto del proceso automatización del sistema.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

La cerveza tiene unas pocas décadas, pese a que la verdadera industria cervecera nace hasta el siglo XIX, con la aparición de empresas tanto pequeñas como medianas. Con la revolución industrial se obtienen cantidades mayores, junto con la manipulación del vapor, la cual ayudaría a su transporte y distribución.

A finales del siglo XIX el químico francés Louis Pasteur reconoció el comportamiento de la levadura lager o de baja fermentación, explicando el proceso de formación de alcohol durante la fermentación del mosto; todo esto se demostró junto al hallazgo de bacterias formadas junto con la levadura y desarrollo un método de calentamiento de cerveza que eliminaba dicha bacteria. Logrando la amplia conservación de la cerveza junto su tiempo de consumo haciéndola un producto atemporal [4].

Tomando como ejemplo las bebidas de zumos fermentados, como vino, para la cerveza el cereal base no contiene agua o azúcar siendo una característica del proceso de elaboración, se consigue azúcar mediante el malteado del almidón del cereal junto a agua para así complementar su conversión. El resultante de esta mezcla compuesto de azúcares, proteínas y residuos del cereal,

se filtra, se hierve y se añade lúpulo mientras se mantenga caliente, pese a que existe la costumbre de agregar el lúpulo en frío, introduciendo al mosto las flores en frío ya sea en las cubas de fermentación o de almacenamiento, al enfriarse hasta una temperatura que permita el desarrollo de las levaduras, se las añade dando así inicio al proceso de fermentación del cual se generara el alcohol y el dióxido de carbono (CO₂) [5].

La fermentación es la parte más importante al elaborar cualquier tipo de cerveza, dependiendo su realización se producirán resultados distintos, esto significa que dependiendo los tiempos de fermentación variarán considerablemente los lotes de cerveza de la misma calidad.

Al elaborar y copiar diferentes estilos de cerveza la temperatura y la levadura son de suma importancia, por lo cual es común utilizar un control de temperatura en el proceso de fermentación [6].

3.2 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CERVEZAS.

Las cervezas se pueden clasificar en dos tipos según su grado de fermentación: ale y lager, que se dividen en varios subtipos. Las cervezas tipo lager se fermentan a una temperatura entre 5 y 15 ° C, y la duración de la fermentación y maduración es de 7 a 10 días. Las cervezas tipo ale se fermentan a temperaturas de 18 a 22 ° C, y la duración de la fermentación y maduración es de 7 a 10 días. Debido a las bajas temperaturas utilizadas en el proceso, los sabores y aromas de las cervezas lager son más suaves y ligeros en comparación con las ales. En comparación con cervezas similares de baja fermentación, las cervezas tipo ale adquieren aromas más intensos, variados y sabrosos [7].

3.2.1 Etapas de la producción de cerveza

El proceso de fabricación de la cerveza consiste en 6 etapas, las cuales se pueden observar en la siguiente figura [8]:



Figura 3.1. Diagrama del proceso de producción de cerveza. [8].

3.2.2 Etapa de Malteado

Después de la selección de la variedad del cereal y la limpieza de los granos comienza el proceso de malteado el cual consiste en la germinación limitada de los granos bajo condiciones de temperatura y tiempo controladas. Este proceso involucra esencialmente remojo, germinación y secado. El malteado tiene como objetivo generar en los granos las enzimas hidrolíticas endógenas las cuales descomponen los compuestos principales para proporcionar azúcares fermentables, nitrógeno libre y aminoácidos libres. Además, también proporciona aroma y otros compuestos esenciales para la fermentación y la calidad sensorial de la cerveza. La ruptura de la pared celular por la degradación de los polisacáridos de la pared celular es una de las principales etapas en el proceso de hidrólisis usado en el malteado y elaboración de cerveza, esto permite el acceso de las enzimas al contenido celular. Aunque los que no son hidrolizados pueden conducir a problemas durante las etapas de producción de cerveza; por ejemplo, filtración lenta y formación de espuma debido a la alta viscosidad que causan. Estos problemas dan como resultado costos elevados y largos procedimientos para los procesos industriales [9].

3.2.3 Etapa de Remojo

La etapa de remojo es la inmersión de los granos en agua, la cual es periódicamente cambiada, donde se le proporciona a los mismos un nivel de aireación, su objetivo es incrementar el contenido de humedad. No obstante, la desventaja de alcanzar el contenido de humedad necesario es la contaminación por microorganismos, uno de los factores que afecta el proceso de fabricación de cerveza. El efecto de las condiciones de remojo ha sido investigado extensivamente, las variables que comúnmente se analizan son el tiempo y la temperatura. Para el caso del sorgo, ha reportado un tiempo de 24 a 40 h a una temperatura de 30 °C para alcanzar un PD máximo de 42,6 SDU/g [10].

3.2.4 Etapa de Germinación

Después de la etapa de remojo, los granos son sometidos a la germinación en dispositivos donde son colocados en forma de capa, cubiertos durante días y rociados con agua para mantener el contenido de humedad inicial. Señalaron que la germinación implica el brote de las raicillas de las semillas hasta llegar a las enzimas adecuadas que degradan el almidón. Al igual que en la etapa de remojo, en la germinación las variables evaluadas son el tiempo y la temperatura, sin embargo, el óptimo de las mismas varía con la variedad de sorgo, que el desarrollo de maltasa, o α -glucosa, en el sorgo está influenciado por la extensión del tiempo y temperatura en la germinación.

3.2.5 Etapa de Secado

El secado de la malta se realiza en un horno a temperaturas relativamente altas. Esta etapa tiene el objetivo de parar el crecimiento del embrión y la actividad enzimática, mientras minimiza la desnaturalización de las enzimas, y el proceso desarrolla sabor y color. En el proceso de cerveza de cebada, los granos germinados son horneados en dos etapas, primero son secados a 50-60 °C y luego son curados a 80-110 °C. el secado de la malta hasta 50 °C. mientras los períodos de secado a 80 °C pueden mejorar el sabor de la malta, tal temperatura puede dañar la actividad enzimática y reducir los compuestos volátiles.

3.2.6 Etapa de Maceración

Los objetivos de la maceración son formar y extraer dentro de la solución, compuestos necesarios como azúcares fermentables, aminoácidos, vitaminas, etc., a partir de la malta para luego ser utilizados por la levadura. Generalmente, antes de la hervidura se realiza la filtración del puré. En el proceso de fabricación de las cervezas tradicionales en África la filtración se realiza por decantación simple. La hervidura del mosto está hecha por varias razones, en particular para provocar la desnaturalización de la enzima malta y la esterilización del mosto.

3.2.7 Etapa de Fermentación

La fermentación es una importante etapa en la cual la levadura convierte los azúcares en alcohol etílico. En las producciones de cerveza de cebada reportaron que la fermentación comienza con la selección de las cepas de levaduras y los tiempos de fermentación oscilan en rango entre 8-15 días a 10-16 °C. Debido a su superior velocidad de crecimiento, las bacterias típicamente dominan la etapa de fermentación. Una relación simbiótica podría explicar la presencia simultánea de levaduras y LAB, esta última crea un ambiente favorable para la proliferación de las primeras, produciendo estas vitaminas e incrementando otros factores como aminoácidos para ayudar al crecimiento de las bacterias [11].

3.2.8 Levadura

Es un organismo eucariótico, tratándose de un hongo microscópico unicelular el cual transforma los glúcidos y aminoácidos en alcohol y dióxido de carbono, existen varias especies de estas mismas, clasificadas de acuerdo a con características como: su forma celular, su reproducción, fisiología y su habitat. Su característica especial es el metabolizar azucares, contiene dieciséis vitaminas, siendo estas todas del grupo B, catorce minerales y 46% de proteínas [12], esta clasificación se puede apreciar mejor en el Anexo A. Tabla A.

3.2.9 Diacetileno y pentanodiona

También conocidas como dicetonas vecinales (VDK), comprenden los componentes del sabor que se produce en el comienzo de la fermentación, en el caso de superar el umbral específico los VDK darán un sabor desagradable a la cerveza, el diacetileno es más conocido por su sabor acaramelado o mantecoso, siendo este el principal contribuyente a los sabores desagradables.

La reducción de VDK que realiza la levadura durante el almacenamiento es conjuntamente realizado con otros procesos de maduración y se considera un criterio fundamental para evaluar el grado de maduración de la cerveza [13].

3.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Los sistemas de refrigeración se pueden definir como la extracción de calor de un espacio o sustancia al producirse en la misma menor temperatura que sus alrededores, esto se debe a la evaporación del líquido refrigerante, dentro del evaporador que no es más que un intercambiador de calor [14].

3.3.1 Usos de la refrigeración

En la actualidad es conveniente clasificar las aplicaciones de la refrigeración según las categorías: doméstica, comercial, industrial y aire acondicionado.

3.3.1.1 La Refrigeración Doméstica

La refrigeración doméstica se ve limitada principalmente a congeladores y refrigeradores de casa, siendo estas usualmente de pequeño tamaño con capacidades fluctuantes de potencia entre 1/20 y 1/2 HP.

3.3.1.2 La Refrigeración Comercial

Este tipo de refrigeración hace referencia principalmente al diseño, instalación y mantenimiento de unidades de refrigeración, siendo estas del tipo que se encuentran en locales comerciales para su venta y distribución, puede ser a restaurantes, hoteles e instituciones dedicadas a exhibición, procesamiento o distribución de artículos de comercio perecederos.

3.3.1.3 La Refrigeración Industrial

este uso de la refrigeración es constantemente confundido con la refrigeración comercial debido a que la división entre estas áreas no es clara en su totalidad. Por lo general, el uso industrial es considerablemente más grande en tamaño y capacidad, a comparación de aplicaciones comerciales, siendo una característica distintiva el requerimiento de un empleado para su funcionamiento. Aplicaciones industriales típicas son: cervecerías lecherías, plantas de hielo y plantas industriales en general como refinerías o plantas químicas, etc.

3.3.1.4 La Refrigeración en el Aire Acondicionado

Este uso se da para controlar factores atmosféricos tanto químicos como físicos en un espacio determinado, destinado a ser ocupado por personas para confort de las mismas o para realizar procesos industriales [15].

3.3.2 Tipos de sistemas de refrigeración

En la actualidad es posible encontrar varios tipos de sistemas de refrigeración teniendo todos los mismos principios de funcionamiento en el cual aire comprimido saturado entra al condensador para luego dirigirse al intercambiador, una vez enfriado por medio del aire es retornado frío y seco, en el intercambiador de calor se encuentran el fluido refrigerante el cual enfría el aire, una vez hecho esto se repite el ciclo teniendo intercambio de calor y volviendo aire frío y seco.

3.3.2.1 Refrigeración por aire

En este tipo de refrigeración se tiene como energía al aire, la transferencia de calor depende de la conductividad térmica del producto a refrigerar y sus dimensiones, siendo como regla que a mayor velocidad de aire será mayor su capacidad de refrigerar.

3.3.2.2 Refrigeración por agua

Siendo este tipo de refrigeración la que presenta una elevada capacidad de retirar calor gracias a su gran coeficiente de película, siendo utilizados sistemas de aspersión o inmersión, siendo la velocidad de agua suministrada la que regula la transferencia de calor.

3.3.2.3 Refrigeración al vacío

Este tipo de refrigeración se emplea disminuyendo la presión ejercida al agua la cual permitirá ser vaporizada con facilidad, el agua intercambia calor con el producto y luego es evaporizada en un tiempo muy corto todo [16].

3.4 SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Estos sistemas se pueden definir como procesos mecánicos con propiedades termodinámicas que transmiten energía térmica para suministrar calor a cualquier cuerpo.

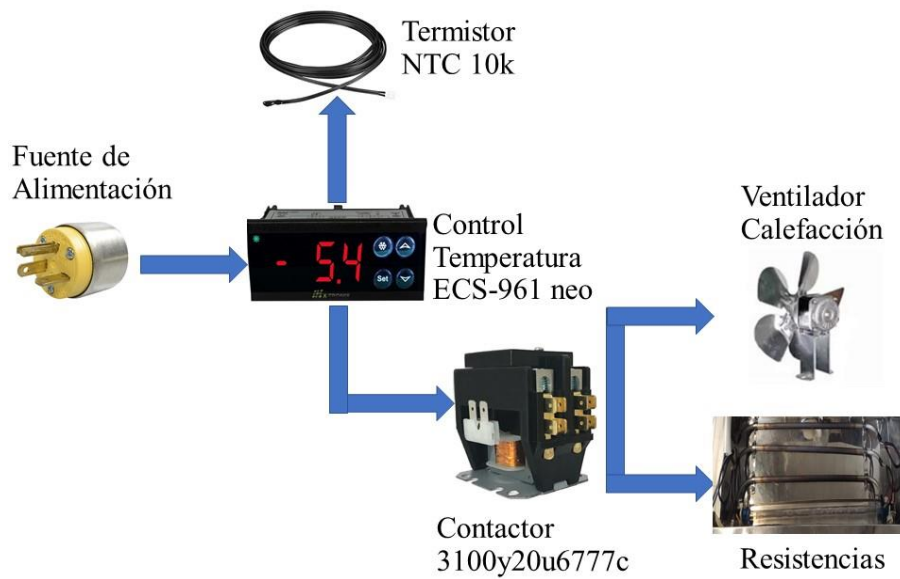


Figura 3.2. Sistema de calefacción

3.4.1 Tipos de intercambiadores de calor

En este tipo de sistemas se puede encontrar varios tipos de intercambiadores de calor como: contacto directo, contacto indirecto, alternativos, de superficie, placas, tubos, flujos cruzados, etc.

3.4.1.1 Intercambiadores de contacto directo

En estos tipos de intercambiadores de calor se realiza por medio de mezclas físicas de fluidos, debido a la contaminación resultante para uno u otro fluido no es muy frecuente, sin embargo, existen excepciones donde no importa esta contaminación como la una torre de refrigeración [17].

3.4.1.2 Intercambiadores de contacto indirecto

Como su nombre lo dice los fluidos no se encuentran en contacto directo, se encuentran separados por un tabique sólido, un espacio, el intercambio de calor se realizará por convección o conducción de la pared separadora.

3.4.1.3 Intercambiadores alternativos.

Los fluidos transitan el mismo espacio, pero en diferente tiempo como si de turnos se tratase, de tal manera que la superficie mantenga y transmita el calor, en este tipo existe un momento de contacto entre fluidos, pero es despreciable en casos que la contaminación no es determinante, en caso de serlo este método no es viable.

3.4.1.4 Intercambiadores de superficie

En este método interviene una superficie sólida que separa los fluidos de modo que no existe contacto entre los mismos, siendo estos los más usados en todo tipo de aplicaciones, dependiendo de la superficie que los separe estos pueden ser:

3.4.1.5 Intercambiadores de placas.

Son los más recientes pese a su efectividad, teniendo la superficie se paradora de forma plana.

3.4.1.6 Intercambiadores de tubos

La pared separadora será siempre un tubo cilíndrico, dependiendo su dirección de flujo de ambos fluidos pueden ser:

a) Intercambiadores de flujos cruzados. - Las corrientes de ambos fluidos forman un ángulo entre sí y es usado en intercambiadores de líquido y un gas.

b) Intercambiadores de flujos paralelos. – Cuando las corrientes discurren paralelamente en la misma dirección.

c) Intercambiadores en equicorriente. - Ambas corrientes van en la misma dirección y tiene el mismo sentido [18].

3.4.2 Efecto Peltier

Observado en 1834 por el físico francés Jean Charles Athanase Peltier, el llamado efecto Peltier consiste en producir un gradiente de temperatura en una unión metálica (conocida como termopar) de diferentes materiales, cuando estos están sometidos a una diferencia de potencial. Este fenómeno también se conoce como el inverso del efecto Seebeck, descubierto 13 años antes, que describe la producción de energía eléctrica por medio del calor. De hecho, los efectos de Seebeck y Peltier son manifestaciones diferentes del mismo proceso físico.

Una de las aplicaciones industriales es la tableta Peltier, que consta de dos placas paralelas y aislantes, generalmente de cerámica, en las que en su interior se encuentran uniones semiconductoras de tipo "n" y "p" conectadas en una matriz en la que los pares tienen conexión eléctrica en Conexión en serie y térmica en paralelo. Por lo tanto, cuando una corriente fluye a través del sistema, provoca una diferencia de temperatura, lo que hace que el calor se absorba en un lado de las placas y se disipe en el otro lado [19].

3.5 SISTEMA DE CONTROL



Figura 3.3. Sistema de control.

3.5.1 Controlador Proporcional (P)

Es el controlador más simple en su funcionamiento, éste reacciona proporcionalmente al error y se describe por la siguiente ecuación:

Este tipo de controladores poseen la ventaja de tener solamente un parámetro de ajuste K_c , sin embargo, tienen una desventaja ya que estos operan con una desviación o error de estado estable. En cuanto al parámetro de ajuste se debe mencionar que entre más grande sea el valor de éste menor será la desviación, pero la respuesta del proceso se puede volver oscilatoria.

3.5.2 Controlador Proporcional-Integral (PI)

El aspecto integral le da inteligencia al controlador ya que la mayoría de los procesos no pueden trabajar con desviación, éste logra que el sistema trabaje en el punto de control.

3.5.3 Controlador Proporcional-Integral Derivativo (PID)

Cuando se añade la acción derivativa el controlador logra anticipar hacia dónde va el proceso, esto mediante la observación del cambio en la rapidez del error, su derivada.

En este controlador la variación del parámetro t_D determina la anticipación del sistema a cambios; sin embargo, se debe tener cuidado con la manipulación del mismo debido a que si no se sintoniza adecuadamente se introducirá ruido a la salida y el régimen puede volverse incontrolable [20].

3.5.4 Sintonización

La sintonía es definida como la forma de determinar los parámetros de control, esto en función de un sistema previamente especificado, haciendo que cada sistema posea su sintonización propia [21].

3.5.4.1 Sintonización en lazo cerrado

Los procesos casi en su totalidad al aplicar una ganancia proporcional su salida tiende a ser una oscilación mantenida, para los cual se halla parámetros como $(\delta c, t c)$.

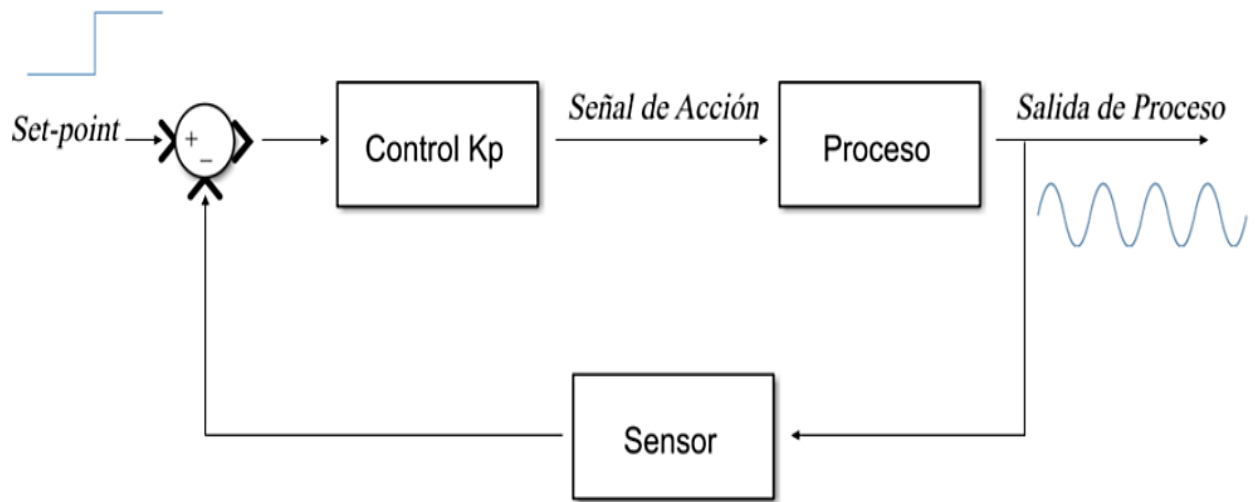


Figura 3.4. Sintonización de lazo cerrado [22].

3.5.4.2 Sintonización en lazo abierto

Los procesos casi en su totalidad al aplicar una entrada tipo escalón muestran una salida creciente y estable, una vez obtenida dicha respuesta se buscará estimar parámetros (δ, τ, t_0) , que mejor se adapten a las características del sistema.



Figura 3.5. Sintonización de lazo abierto [22].

3.5.4.3 Sintonización lambda

Formula de controladores, Lambda.

Tabla 3.1. Sistema de sintonización Lambda [22].

Lambda	Control	λ	λ'
$K_c = \frac{t}{\delta(\lambda + t_0)}$	P	0	t_0
$t_1 = t$	PI	t_0	$2t_0$
$t_D = \frac{t_0}{2}$	PID	$0.2t_0$	$1.2t_0$

Control PID: este controlador es la unión de los 3 controladores principales (proporcional, integral y derivativo), la ganancia matemática se define como:

$$A_{out} = k_p \epsilon + k_i \int \epsilon \Delta t + k_d \frac{\Delta \epsilon}{\Delta t} \quad (3.1)$$

El método de sintonía lambda ofreció una nueva forma de coordinar la sintonía de bucles ganando estabilidad del proceso con mejores productos, para realizar el diseño de PID, considere la función de transferencia PID serie o interactuante [22].

$$C'(s) = K'_c \left(\frac{(1 + sT'_i)(1 + sT'_d)}{sT'_i} \right) \quad (3.2)$$

Donde:

K'_c = Ganancia Proporcional.

T'_i = Tiempo Integral.

T'_d = Tiempo Derivativo.

Luego, la ecuación característica del sistema en lazo cerrado es dada por:

$$s \left(T - KK'_c \frac{L}{2} \right) + KK'_c = 0 \quad (3.3)$$

El polo en lazo cerrado requerido es $s = -1/\lambda$, dando las siguientes reglas de sintonía.

$$K'_c = \frac{T}{K \left(\frac{L}{2} + \lambda \right)} \quad T'_i = T \quad T'_d = \frac{L}{2} \quad (3.4)$$

Siendo este un parámetro que regula la velocidad de respuesta del sistema. Al incrementar λ disminuye la velocidad de respuesta y reduciéndola (λ) se muestra un aumento en la velocidad de respuesta. Si se tiene un controlador robusto $\lambda = 3T$ y para teniendo una sintonía inmediata $\lambda = T$ [23].

3.5.5 Sistema PWM

Es una técnica de modulación de ancho de pulso o Pulse Width Modulated (PWM) se encarga de sintetizar las corrientes de compensación por medio del inversor, a través de la conmutación de los semiconductores [24].

3.5.6 Control On/Off

Este sistema de control tiene dos posiciones fijas, con respecto a su salida como acción de control, sin importar el elemento controlado con este mismo ya que puede tener una posición intermedia o más a parte de las anteriores mencionadas, dando como claro ejemplo una válvula, la cual bajo este control tendrá dos posiciones abierta completamente y cerrada completamente [25].

3.5.7 Control On-Off con histéresis

Un controlador On-off ideal no es conveniente ya que se somete a alteraciones, que causan oscilaciones rápidamente mientras la medida se acerca al valor consignado. Debido a esto es necesario usar un diferencial On-off o histéresis; el valor determinado de histéresis determinara la variación mínima de rangos posible. Dichas variaciones o características de control de proceso serán sumadas al diferencial [26].

3.6 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

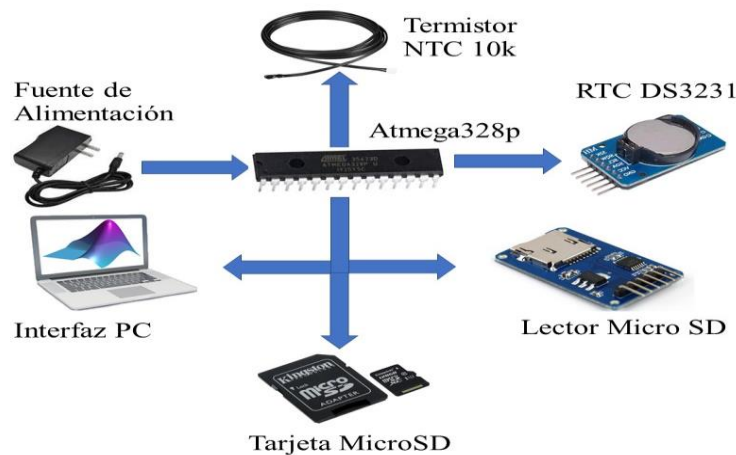


Figura 3.6. Sistema de adquisición de datos.

Para la adquisición de datos se utilizó el entorno de programación de arduino debido a su facilidad de uso y flexibilidad, que permiten al usuario aprovechar todas las funciones, este software es libre y disponible a disposición de cualquier usuario.

El microcontrolador ATmega 328P es programado por medio del lenguaje de programación basado en Wiring y el entorno de desarrollo basado en processing. El software arduino se programa mediante un lenguaje propio, el cual es expandido mediante librerías C++ [27].

En el sistema de adquisición de datos está compuesto por un módulo RTC (DS3231) y un lector de tarjeta Micro SD de los cuales se generará una base de datos con fecha y los valores de temperatura censados.

4 MATERIALES Y METODOS

4.1 METODOS UTILIZADOS

En la presente propuesta tecnológica se presentan relaciones claras de y concisas para obtener un correcto desarrollo, se tiene como fin principal de este proceso la recopilación de información y la inclusión de todas las temáticas de descripción de componentes, control y automatización.

La propuesta tecnológica se apoyó en tres modalidades, investigación bibliográfica, la cual permite una previa búsqueda de antecedentes e investigación en textos impresos y digitales con respecto a la implementación de un sistema de control en un fermentador de cerveza artesanal, permitiendo la aplicación de varias opciones en esta propuesta; la investigación de campo realizada como toma de datos de las variables de investigación, las cuales serán usadas según técnicas de diseño y control electrónico, sin mencionar que estas metodologías permiten la correcta realización del marco teórico y una correcta fundamentación científica.

Dentro del proceso de investigación científica, la técnica a usar es de fundamental importancia ya que de esta dependerá la correspondiente organización de la investigación. Dentro de las técnicas investigativas se encuentran objetivos como: implementar instrumentos que manejen la información, ordenar las etapas de la investigación, mantener un control de datos y dirigir correctamente la obtención de conocimientos, en esta propuesta tecnológica se utilizaron técnicas como: modelación y simulación, medición y observación.

Otro método aplicado es el cuantitativo ya que se trata de variables eléctricas como el voltaje y la corriente usada en las entradas digitales o analógicas del controlador.

4.2 DECLARACION DE VARIABLES

4.2.1 Interrelación de variables

Tabla 4.1. Tabla de variables del proceso.

Variable Independiente	Variable Dependiente
Temperatura inicial	Temperatura
	Temperatura final
	Calor
	Frio
Tiempo	Horas
	Días

4.2.1.1 Variable temperatura

La cerveza se clasifica en dos tipos según su grado de fermentación: ale y lager, que se dividen en varios subtipos. Las cervezas tipo lager se fermentan a una temperatura entre 5 y 15 ° C. Las cervezas tipo ale se fermentan a temperaturas de 18 a 22 ° C. Debido a las bajas temperaturas utilizadas en el proceso, los sabores y aromas de las cervezas lager son más suaves y ligeros en comparación con las ales. Tomando como referencia cervezas similares de baja fermentación, las cervezas tipo ale adquieren aromas más intensos, variados y sabrosos [7].

4.2.1.2 Variable tiempo

Las cervezas se pueden clasificar en dos tipos según su grado de fermentación: ale y lager, que se dividen en varios subtipos. Las cervezas tipo ale se fermentan y maduran de 7 a 10 días. Las cervezas tipo lager tiene una duración de la fermentación y maduración es de 7 a 10 días. Debido a las bajas temperaturas utilizadas en el proceso, los sabores y aromas de las cervezas lager son más suaves y ligeros en comparación con las ales.

La segunda fase de la fermentación, conocida como fase de crecimiento se deja reposar 1 a 4 días extras dependiendo el tipo de cerveza con la que se esté trabajando [28].

4.2.2 Condiciones de mezcla

Las cervezas se pueden clasificar según su extracto primitivo, color, contenido alcohólico y extracto final.

Extracto primitivo. Se refiere a la cantidad de extracto, es decir, materia prima solubilizada, en relación al volumen del mosto. Puede ser: leve (> 5% y <10,5%), común (> 10,5% y <12%), extra (> 12,0% y <14%) y fuerte (> 14%).

Color: se basa en el estándar establecido por la European Brewery Convention (EBC), organismo técnico-científico que agrupa a cerveceros de Europa y que utiliza el equipo EBC como medida. Puede ser: claro (menos de 20 unidades EBC), oscuro (20 o más unidades EBC).

Contenido de alcohol. Sin alcohol (menos del 0,5% en volumen de alcohol) y alcohólico (igual o superior al 0,5% en volumen de alcohol).

Extracto final. Se refiere a la cantidad de materia prima no fermentable en el proceso de elaboración de la cerveza o, simplemente, a la proporción de malta de cebada en su composición. Se entiende por "cerveza de pura malta" aquella que tiene un 100% de malta de cebada en su composición y sólo "cerveza" es aquella que tiene un valor superior o igual al 50% de malta de cebada [7].

4.3 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La estructura de la cámara de fermentación fue diseñada bajo medidas específicas, de donde se partirá para el referente análisis y dimensionamiento de los equipos de refrigeración y calefacción al igual que si diseño, a esta estructura se realizaron las respectivas adecuaciones, todo con el objetivo de mejorar las funciones de una cámara de fermentación.

Esta estructura a la cual se hace referencia tendrá las siguientes dimensiones:

Tabla 4.2 Dimensiones de la cámara de fermentación.

	Medidas de la cámara interna(cm)	Medidas de la cámara totales(cm)
Altura	92	110
Ancho	92	108
Profundidad	60	78
Observaciones	Placa protectora de 25 (cm) de alto	

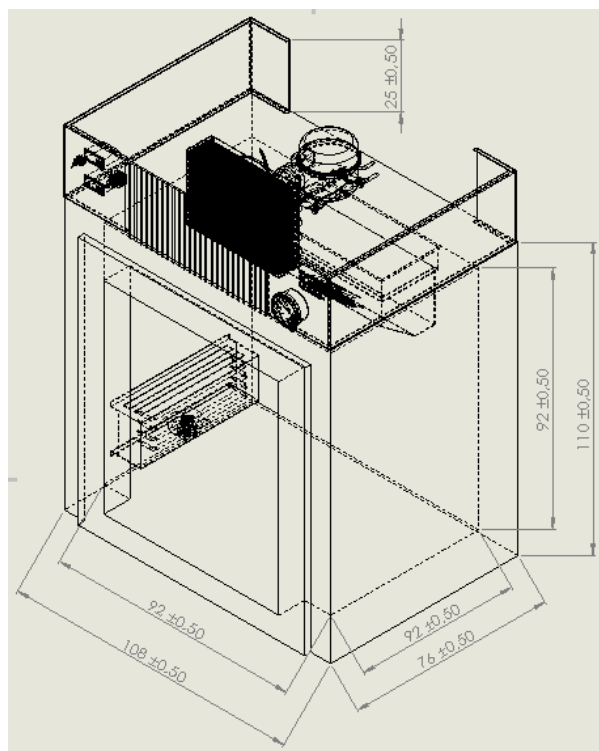


Figura 4.1. Esquema con dimensiones de la estructura.

Características a mencionar respecto a la cámara

- Cámara de fermentación con capacidad de recibir dos contenedores de mosto, con capacidad de 30 litros cada uno, con un diámetro de 40 cm y altura de 38 cm.
- Una sola célula (una cámara).
- Paneles tipo sandwich con alama de poliuretano, recubierto por láminas de acero pre pintado.
- Internamente cuenta con el evaporador y las resistencias, con sus respectivas cubiertas.
- Para verificar que la célula se encuentre sellada se utilizó una cámara termografía, para apreciar mejor revisar el Anexo G.

4.3.1 Panel tipo sandwich de poliuretano

Estos se encuentran constituidos por dos láminas de acero galvanizado pre pintadas que contiene un alma en poliuretano de alta densidad (40-42 kg/m³) con tolerancia de ± 2 kg/m³ el cual garantiza un bajo flujo de calor, por ende, permite conservar temperaturas estables dentro del mismo, siendo este uno de los aislantes térmicos con menor coeficiente de conductividad térmica $0.020 \frac{W}{m \cdot K}$ (vatios por metro-Kelvin). Estos presentan características de los componentes del panel como acero, pintura y núcleo de poliuretano [29].

Dimensionamiento del panel espesor del panel.

Fórmula del espesor mínimo del panel tipo sandwich.

$$e = \frac{k}{\varphi} \cdot (T_e - T_i) = 0.045m \quad (4.1)$$

Donde:

e: espesor.

k: Conductividad Térmica = $0.020 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

φ : Densidad de calor.

T_e : Temperatura externa.

T_i : Temperatura interna.

Para este cálculo se desprecia la resistencia térmica de las láminas de acero, la densidad de flujo de calor admisible con respecto a la temperatura (es decir si es cámara de refrigeración o congelación) siendo:

Densidad de flujo de calor para cámaras de congelación entre $6 \text{ y } 7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Densidad de flujo de calor para cámaras de refrigeración entre $8 \text{ y } 9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Utilizando $8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ debido a las temperaturas de trabajo siendo estas de una cámara de refrigeración.

Pese a requerir un mínimo de 4.5cm de espesor de panel se decidió utilizar uno de 8 cm debido a la relación costos y disponibilidad del mercado local, sin mencionar la considerable mejora en la retención del calor dentro de la cámara.

4.3.1.1 El acero galvanizado

Los paneles están conformados por láminas de acero que simulan un sandwich, estas son láminas de acero al carbono galvanizado, por proceso de inmersión en caliente según normas ASTM A653 y A525.

Estas laminas son fabricadas en rollos para su fácil transporte y tienen características como:

Acero: Fe E 280 de la Norma EN 10147 (según ASTM A755 Gr C).

Espesor nominal: 1 mm.

Límite de fluencia: 320 N/mm^2 .

Elongación: 33%.

Conductividad térmica del acero galvanizado: $45 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$.

Longitud del panel de acero galvanizado: 1mm.

Propiedades químicas:

Carbono 0.11%.

Magnesio 0.44%.

Fosforo 0.012%.

Aluminio 0.023%.

Galvanizado: el recubrimiento de Zinc está dado por el proceso de inmersión en caliente para obtener una capa G-9 (equivalente a 0.90oz/pie² por ambas caras) todo conforme con la norma ASTM A525.

4.3.1.2 Pintura

Revestimiento interior tipo BACK COAT color RAL 7040 usado para garantizar la correcta adhesión de la espuma de poliuretano a la lámina metálica y su respectivo acabado exterior aplicado mediante un proceso continuo de inmersión y secado al horno, con características tales como:

Espesor nominal: 25 micras.

Norma ECCA- T1.

Dureza: >F

Norma ECCA- T4.

Grado de polimerización: >100M.E.K.

Norma ECCA- 23.

Adhesión: >95

Norma ECCA- T17.

Resistencia al doblaje: Adhesión 1T-Fisuración 4T

Norma ECCA- T7.

Brillo: 20 gloss

Norma ECCA- T2.

Resistencia a la salinidad: 500 horas

Norma ECCA- T2.

4.3.1.3 Espuma rígida de poliuretano(Núcleo)

La espuma de poliuretano es un polímero generado por la mezcla de dos elementos, uno el alcohol que es un polioliol con isocianato, a temperatura ambiente reaccionando exotérmicamente obteniendo así la espuma de poliuretano rígida [30], teniendo en cuenta su conductividad térmica de 0.0020 W/m°C y sus 80 mm de espesor .

4.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN

Para el control de temperatura dentro de la cámara de fermentación se implementarán sistemas de calefacción y refrigeración, los cuales estarán encargados de aumentar o disminuir la temperatura interna de la célula (interior de la cámara de fermentación), esto con el fin de mantener una temperatura estable, previamente definida para el tipo de cerveza que se vaya a realizar. Para lo cual es necesario definir el método y sistema de refrigeración a usar ya que dependiendo eso se realizarán los respectivos cálculos y sistemas de control que se requieran.

4.4.1 Sistema de refrigeración

Se desea implementar un proceso continuo en donde se mantendrán temperaturas entre 5°C para cervezas tipo lager y 19°C para cervezas tipo ale, las cuales serán consideradas como Setpoint, dentro del fermentador el sistema de refrigeración se considera en un rango de 5 a 23 °C, con finalidad de calcular y dimensionar los equipos que se utilizaran, dentro de los cuales se encuentran los valores a utilizarse como set point, tomando en cuenta que el proceso se verá afectado al pasar los días, tomando como ejemplo la cerveza ale la cual iniciara el proceso con 19°C, después de transcurrir siete días la temperatura se verá elevada 3 grados centígrados es decir pasara de 19°C a 22°C durante tres días más, dando por terminado el proceso luego de transcurrir los diez días.

4.4.1.1 Cálculo de la carga térmica

La carga térmica dentro de un equipo de refrigeración es el resultado de distintas fuentes de calor, que se encuentran en constante transferencia de calor, teniendo en cuenta todas las partes involucradas en el proceso, se desarrolla los cálculos para identificar las cargas térmicas junto a sus respectivas fuentes.

Cargas térmicas

Para estos cálculos se toma como referencia dos contenedores de 30 litros cada uno, y teniendo en cuenta las medidas de la célula de fermentación, tomando la temperatura ambiente de Latacunga (23°C) como temperatura inicial a la cual se encontrará el mosto y 5 °C como temperatura final siendo esta la característica de la cerveza lager, abarcando así la cerveza ale con temperatura de fermentación de 19°C. para mayor información revisar Anexo E. Tabla E.2.

Volumen de aire interno de la cámara

$$V = b * h * a = 0.507m^3 \quad (4.2)$$

Donde:

b: Base interna de la cámara de fermentación.

h: altura interna de la cámara de fermentación.

a: ancho interno de la cámara de fermentación.

Masa del aire interno de la cámara

$$m = p * V = 0.608 \text{ kg} \quad (4.3)$$

Donde:

m: masa de aire.

p: densidad del aire $p_{aire} = 1.2 \frac{kg}{m^3}$.

V: volumen del aire.

Tiempo de abatimiento

Este tiempo lo tomaremos de referencia de dieciséis horas ya que el sistema trabajara las 24 horas del día durante diez días, tomando en cuenta esto el sistema de refrigeración no funcionara todo el día, tomando como referencia 16 horas como tiempo de función del equipo de refrigeración [31].

$$t_a = 16h \cdot \frac{3600s}{1h} = 57600s \quad (4.4)$$

Flujo másico

$$\dot{m} = \frac{m}{t_a} = 0.00001055 \frac{kg}{s} \quad (4.5)$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico.

m: Masa de aire.

t_a : Tiempo de abatimiento.

Calor de la cámara en vacío

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) = 0.3179 \frac{J}{kg} = [W] \quad (4.6)$$

Donde:

Q: Calor del aire.

C_p : Calor específico $C_p = 1674 \frac{J}{kg \cdot K}$.

t_2 : Temperatura exterior.

t_1 : Temperatura de la cámara.

Equivalencia

W transformar a $\frac{Btu}{h}$

$$\frac{J}{s} \cdot \left(\frac{3600s}{h} \right) = 3600 \frac{J}{h} = 3.6 \frac{kJ}{h} \quad (4.7)$$
$$3.6 \frac{kJ}{h} \cdot \left(\frac{0.948 \frac{Btu}{h}}{1 \frac{kJ}{h}} \right) = 3.4128 \frac{Btu}{h}$$

Equivalencia calculada 1 W es igual a $3.4128 \frac{Btu}{h}$.

Calor de la cámara en $\frac{Btu}{h}$

$$Q = 0.3179W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 1.085 \frac{Btu}{h} \quad (4.8)$$

Extracción de calor de la lámina de acero

Se calcula la cantidad de calor necesaria para enfriar las láminas de acero que recubren el panel de poliuretano.

Volumen de la cámara

$$V = b * h * a = 0.000552m^3 \quad (4.9)$$

Donde:

b: Base interna de la cámara de fermentación.

h: altura interna de la cámara de fermentación.

a: ancho de la lámina de acero =0.001m.

$$V_T = V_{4paredes} + V_{superiorinferior} = 0.001912 m^3 \quad (4.10)$$

Masa de la lámina interna de la cámara

$$m = p * V = 15.0092 kg \quad (4.11)$$

Donde:

m: masa de la lámina de acero.

p: densidad del aire $p_{Fe} = 7850 \frac{kg}{m^3}$.

V: volumen del aire.

Flujo másico

$$\dot{m} = \frac{m}{t_a} = 0.00026 \frac{kg}{s} \quad (4.12)$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico.

m: Masa de aire.

t_a : Tiempo de abatimiento = 57600s.

Calor de la lamina

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) = 2.22 \frac{J}{kg} = [W] \quad (4.13)$$

Donde:

Q : Calor de la lámina.

C_p : Calor específico del acero $C_p = 473 \frac{J}{kg \cdot K}$.

t_2 : Temperatura exterior.

t_1 : Temperatura de la cámara.

Calor de la lámina en $\frac{Btu}{h}$

$$Q = 2.22W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 7.571 \frac{Btu}{h} \quad (4.14)$$

Calor por transmisión de la cámara de fermentación

Se realizará los cálculos iniciando por la base de la cámara de fermentación, teniendo en cuenta que la transferencia de calor por las paredes es continua por ende la transferencia de calor ya viene en $\frac{w}{24h}$.

Área de la base de la cámara

$$A = b \cdot a = 0.552m^2 \quad (4.15)$$

Donde:

b: Base interna de la cámara de fermentación.

a: ancho interno de la cámara de fermentación.

Calor de la base de la cámara

$$Q = \frac{A \cdot k \cdot (t_2 - t_1)}{e} = 3.229 \frac{J}{kg} = [W] \quad (4.16)$$

Donde:

Q : Calor de la base de la cámara.

A= área de la base de la cámara.

k : Conductividad térmica poliuretano $k = 0.020 \frac{w}{m \cdot K}$

t_2 : Temperatura exterior

t_1 : Temperatura de la cámara

e : Espesor

Calor de la base de la cámara en tiempo abatido

$$Q = \frac{3.229 \frac{J}{kg}}{24h} = 0.134 \frac{W}{h} \quad (4.17)$$

$$Q = 0.134 \frac{W}{h} \cdot 16h = 2.153W$$

Calor de la base de la cámara en $\frac{Btu}{h}$

$$Q = 2.153W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 7.348 \frac{Btu}{h} \quad (4.18)$$

Área las paredes de la cámara

$$A = b \cdot a = 0.552m^2 \quad (4.19)$$

Donde:

b: Base interna de la cámara de fermentación.

a: ancho interno de la cámara de fermentación.

Área total de las paredes de la cámara

$$A_T = A_{pared_lateral} + A_{frontal_trasera} = 3.349m^2 \quad (4.20)$$

Calor de las paredes de la cámara

$$Q = \frac{A \cdot k \cdot (t_2 - t_1)}{e} = 15.07 \frac{J}{kg} = [W] \quad (4.21)$$

Donde:

Q : Calor de la base de la cámara.

A = área de la base de la cámara.

k : Conductividad térmica poliuretano $k = 0.020 \frac{w}{m \cdot K}$.

t_2 : Temperatura exterior.

t_1 : Temperatura de la cámara.

e : Espesor =0.08m.

Calor de las paredes de la cámara en tiempo abatido

$$Q = \frac{15.07 \frac{J}{kg}}{24h} = 0.628 \frac{W}{h} \quad (4.22)$$

$$Q = 0.628 \frac{W}{h} \cdot 16h = 10.047W$$

Calor de las paredes de la cámara en $\frac{Btu}{h}$

$$Q = 10.047W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 34.288 \frac{Btu}{h} \quad (4.23)$$

Calor del producto

Se calculará la cantidad de calor desprendida por el mosto de cerveza sin tomar en cuenta el envase, teniendo en cuenta que serán dos envases de 30litros de mosto.

Masa del producto

$$m = m \cdot 2 = 60.6kg \quad (4.24)$$

Donde:

m : masa del mosto.

m : masa del mosto en kg =30.3kg.

Flujo másico

$$\dot{m} = \frac{m}{t_a} = 0.00106 \frac{kg}{s} \quad (4.25)$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico.

m : Masa de aire.

t_a : Tiempo de abatimiento = 57600s.

Calor del mosto

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1) = 71.22 \frac{J}{kg} = [W] \quad (4.26)$$

Donde:

Q : Calor del mosto.

c_p : Calor específico del mosto $c_p = 3768.3 \frac{J}{kg \cdot K}$ [32].

t_2 : Temperatura exterior.

t_1 : Temperatura de la cámara.

Calor del mosto en $\frac{Btu}{h}$

$$Q = 71.22W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 243.062 \frac{Btu}{h} \quad (4.27)$$

Calor del envase

Se calculará la cantidad de calor del envase teniendo en cuenta el peso y su calor específico según los fabricantes, tomando como ejemplo el envase de fermentación creado con material de polipropileno.

Masa del envase

$$m = m \cdot 2 = 2.32kg \quad (4.28)$$

Donde:

m : masa del envase.

m : masa del envase en kg = 1.16kg.

Flujo másico

$$\dot{m} = \frac{m}{t_a} = 0.0000403 \frac{kg}{s} \quad (4.29)$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico.

m : Masa del envase.

t_a : Tiempo de abatimiento = 57600s.

Calor del mosto

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) = 1.306 \frac{J}{kg} = [W] \quad (4.30)$$

Donde:

Q : Calor del envase.

C_p : Calor específico del envase $C_p = 1800 \frac{J}{kg \cdot K}$.

t_2 : Temperatura exterior.

t_1 : Temperatura de la cámara.

Calor del mosto en $\frac{Btu}{h}$

$$Q = 1.306W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 4.456 \frac{Btu}{h} \quad (4.31)$$

Calor de infiltración

Aquí se calcula las pérdidas de calor por medio de las aberturas de la puerta esto se tomó como medida de seguridad, ya que el proceso de fermentación se lo lleva por medio de tiempo y no es necesario interferir en ello dejando la puerta sellada una vez que el proceso ha iniciado, para realizar estos cálculos se usó la carta psicrométrica, Anexo F. Figura F., teniendo en cuenta la temperatura inicial de 23 °C y final de 5°C, con un 60% de humedad.

Tabla 4.3 Datos extraídos de la carta psicrométrica.

T_{inicial}=23°C	T_{final}=5°C
Humedad 60%	
$V_i = 0.850z \frac{m^3}{kg}$	$V_f = 0.785 \frac{m^3}{kg}$
$h_i = 48000 \frac{J}{kg}$	$h_f = 13500 \frac{J}{kg}$

Flujo másico

$$\dot{m} = \frac{V}{V_i} = 0.5964kg \quad (4.32)$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico.

V: volumen de aire de la cámara.

V_i : Volumen exterior.

Entalpias

$$\Delta h = h_i - h_f = 34500 \frac{J}{kg} = W \quad (4.33)$$

Donde:

Δh : Variación de entalpia.

h_i : Entalpia exterior del aire.

h_f : Entalpia interior del aire.

Apertura de puerta

Teniendo como promedio al día se abra 5 veces la puerta mientras se encuentra trabajando la maquina se tendrá.

$$N = \frac{5}{\sqrt{0.507m^3}} = 7.02 \quad (4.34)$$

Calor por apertura de puerta

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta h \cdot N = 144483.2676 J \quad (4.35)$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico.

Δh : Variación de entalpia.

N: Número de aperturas de puerta.

Calor por apertura de puerta en W

$$Q = \frac{Q}{t_a} = 2.508 \frac{J}{kg} = W \quad (4.36)$$

Donde:

Q: calor por apertura de puerta en J

t_a : Tiempo de abatimiento = 57600s

Calor por apertura en $\frac{Btu}{h}$

$$Q = 2.508W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 8.560 \frac{Btu}{h} \quad (4.37)$$

Valor total de cargas térmicas de la cámara de fermentación

Este se hallará sumando todas las cargas calculadas y generadas anteriormente siendo estas del producto y materiales usadas tanto en la cámara como en los recipientes del mosto.

$$Q_T = 1.085 \frac{Btu}{h} + 7.571 \frac{Btu}{h} + 7.348 \frac{Btu}{h} + 34.288 \frac{Btu}{h} + 243.062 \frac{Btu}{h} + 4.456 \frac{Btu}{h} + 8.560 \frac{Btu}{h} \quad (4.38)$$
$$Q_T = 306.37 \frac{Btu}{h}$$

4.4.1.2 Compresor

Constituye la verdadera máquina de toda instalación frigorífica, construida con el fin de desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, una vez se aumente su presión tal como gases y vapores. Este trabajo es posible debido al intercambio de energía entre la máquina y el fluido, siendo esta energía de flujo la cual aumenta la presión y energía cinética al fluir [33].

4.4.1.3 Compresor hermético

Siendo utilizado en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, el motor eléctrico y el compresor se encuentran acoplados directamente, envueltos en una anidad de acero sellada de manera hermética, por lo tanto, no es posible acceder a ellos para chequeos o procedimientos de mantenimiento, siendo del tipo rotativo o de tornillo.

En este compresor se debe recalcar, la ubicación del conjunto motor compresor, se encuentran montados mediante tres resortes que amortiguan las cargas, libre los cuatro amortiguadores de caucho que llevan el compresor en su base exterior [34].

La potencia requerida por unidad de capacidad de refrigeración es uno de los indicadores más importantes a tomar en cuenta en esto compresores, por ende, la selección del compresor se la realizo tomando en cuenta la carga calculada anteriormente, tomando como referencia dicha carga de enfriamiento, se consultó diferentes catálogos, compresores disponibles en el mercado local gracias a lo cual se llegó a la conclusión del siguiente compresor con sus respectivas cualidades, revisar de forma más detallado el Anexo C Tabla C.1.

Tabla 4.4. Características del compresor [35].

Características del compresor	
Modelo	GFM61AD
Potencia	¼ + hp
Voltaje	115V
Frecuencia	60 Hz
Desplazamiento	6.1
Capacidad de enfriamiento	210W
Tipo de motor	RSIR
Potencia de entrada	168/150
Corriente nominal	2.75/1.90
Tipo de refrigerante	R134a

4.4.1.4 Capacidad de enfriamiento del motor

$$Q = 210W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 716.688 \frac{Btu}{h} \quad (4.39)$$

4.4.1.5 Gas refrigerante

El sistema de refrigeración impulsado principalmente por el compresor tiene como principal componente el gas refrigerante en este caso el gas HFC (hidrofluorocarbono) R134a usado en aplicaciones domésticas, comerciales e industriales, etc. Este fue elegido por sus características mencionadas a continuación, para más detalles revisar el Anexo B. Tabla B. [36].

Tabla 4.5. Propiedades Físico-Químicas del gas refrigerante R134a [36].

Características físicas- químicas del gas refrigerante R134a	
Conductividad térmica a 25°C, Líquido	0,08113, W/m. °C
Vapor a 1,013 bar	0,01339 W/m°C
Temperatura crítica	101,06 °C
Presión crítica	40,59 bar
Densidad crítica	512 kg/m3
Calor específico a 25°C Líquido	1,425 kJ/ (kg. K)
Vapor a 1,013 bar	0,8512 kJ/(kg.K)

4.4.1.6 Evaporador

En esencia la evaporación es una operación de transferencia de masa, la cual necesita la activación previa del agua, esto es posible mediante la adición de cantidad de energía calorífica. En el proceso de evaporación la forma más usual de aportar calor es a través de condensación de vapor de agua, debido que al momento que el vapor toca una superficie con menor temperatura se condensara sobre la misma, elevando su temperatura, lo cual permite que parte del agua de la solución a evaporar pase al estado de vapor y posteriormente sea eliminada [37].

Los evaporadores pueden ser de varios tipos los principales son: panel de placas o aletas, serpentín múltiple de tubos y aletas, serpentín de tubo plano foliculado con aletas, en este caso se eligió el serpentín de tubo plano foliculado con aletas , en este evaporador se tiene como ventaja su efectividad de funcionamiento y su desventaja es su peso debido a tener celdas y tubos muy gruesos, las celdas son las encargadas de repartir el paso del refrigerante y sea el correcto [38].

Otro punto importante para la elección del evaporador es el DT, el mismo que está definido como la diferencia de temperaturas entre la temperatura del aire que llega al evaporador y la temperatura de saturación del refrigerante, la cual corresponde a la presión de salida del evaporador , para determinar este mismo dato es necesario saber la cantidad de humedad relativa a la cual se recomienda que trabaje en este caso es de 60%, en este diseño se plantea el sistema de refrigeración va a circular aire a través del evaporador por medio de un ventilador.

Tabla 4.6. DT del evaporador [39].

Humedad relativa %	Diseño DT (M°C)	
	Convección natural	Convección forzada
95-91	12-14	8-10
90-86	14-16	10-12
85-81	16-18	12-14
80-76	18-20	14-16
75-70	20-22	16-18

Dado el tipo de circulación de aire a través del evaporador se tendrá en cuenta la convección forzada y en la columna de humedad relativa será entre 70 y 75%, situando al valor entre 16-18.

Como conclusión se deberá de tener un evaporador con capacidad mínima de $350 \frac{Btu}{h}$ y un DT de 16°F, siendo este el requerido, pese a esto bajo recomendación del fabricante se ha utilizado un evaporador que coincida con el compresor previamente indicado siendo un conjunto.

4.4.1.7 Ventilador

Tiene su función en el sistema de calefacción, ubicado junto a las resistencias usadas más específico en la parte inferior de la carcasa de las mismas, y en el sistema de refrigeración en las junto al condensador y evaporador, ubicadas respectivamente en sus carcasas o soportes.

4.4.1.8 Filtro deshidratador o secador

Este elemento es un componente básico de cualquier sistema de aire acondicionado o refrigeración, siendo que en este se evite el paso de impurezas o humedad hacia otros elementos como el tubo capilar o el evaporador, inclusive realiza un proceso de vacío correctamente, Además, el filtro también tiene la función de impedir que pasen partículas sólidas (astillas metálicas de acero o de cobre, residuos de soldadura, entre otras [40]).

4.4.1.9 Acumulador de succión

Este elemento cumple la función de un recipiente a presión, con el fin de evitar daños al compresor ya sea por una repentina cantidad de líquido refrigerante o aceite, pudiendo llegar hasta el mismo compresor causando graves daños al mismo.

4.4.1.10 Conexiones de bronce y cobre

Para estas uniones se utilizó soldadura autógena, la misma que consiste en unir materiales iguales mediante la fundición de los mismos con calor de una llama producida por la combustión de una mezcla de gases generada y proyecta a través de un soplete alimentado por dos tanques los cuales generalmente de gases los cuales son oxígeno (comburente) y acetileno (combustible), aunque también pueden ser oxígeno y propano u otros [41].

4.4.1.11 Válvula de carga o desahogo

Una válvula de alivio de presión, es un dispositivo de seguridad utilizado en recipientes o sistemas sellados o a su vez sistemas de presión los cuales puedan experimentar sobrepresiones, en este sistema en cuestión se utilizarán como válvulas de carga de refrigerante o descarga, según sea requerido como forma de mantenimiento [42].

4.4.1.12 Condensador

Uno de los principales componentes en el sistema de refrigeración, básicamente es otra unidad de intercambio de calor, en la cual el calor que el refrigerante arrastra desde el evaporador y el compresor, se disipa en algún medio de condensación, el vapor a alta presión y temperatura se encuentra sobrecalentado, el cual es disipado mediante la tubería de descarga de gas caliente, y en la primera parte del condensador, Al bajar la temperatura del refrigerante a su punto de saturación, comienza a condensar el vapor en un líquido, que se vuelve a usar en el ciclo [43].

Para seleccionar el condensador se determinará la capacidad nominal del condensador que se deberá instalar, siendo recomendable usar tablas proporcionadas por los fabricantes de los mismos, teniendo como ejemplo el siguiente.

$$Q_n = Q_e * F_c * F_r * F_a * \left(\frac{15}{D_t}\right) = 398.059 \frac{Btu}{h} \quad (4.40)$$

Donde:

Q_n : Capacidad nominal del condensador.

Q_e : Capacidad nominal del evaporador.

F_c : Factor calor compresión. $F_c = 1.1$.

F_r : Factor refrigerante. $F_r = 1.07$

F_a : Factor altitud. $F_a = 1.16$

D_t : Diferencia de temperaturas. $\left(\frac{15}{D_t}\right) = 0.833$

De las tablas expuestas en el Anexo C. Tabla C.2. y datos previamente obtenidos se concluye el valor del condensador con un aproximado superior de $400 \frac{Btu}{h}$ como capacidad nominal, como previamente se indicó, se optó por seguir el consejo del fabricante y utilizar el condensador con respecto al compresor siendo este para sus mismas capacidades.

4.4.2 Sistema de calefacción

Este sistema utilizará resistencias calefactoras como medio de generación de calor y un ventilador eléctrico para ayudar en la dispersión de calor, el control empleado hacia este sistema será.

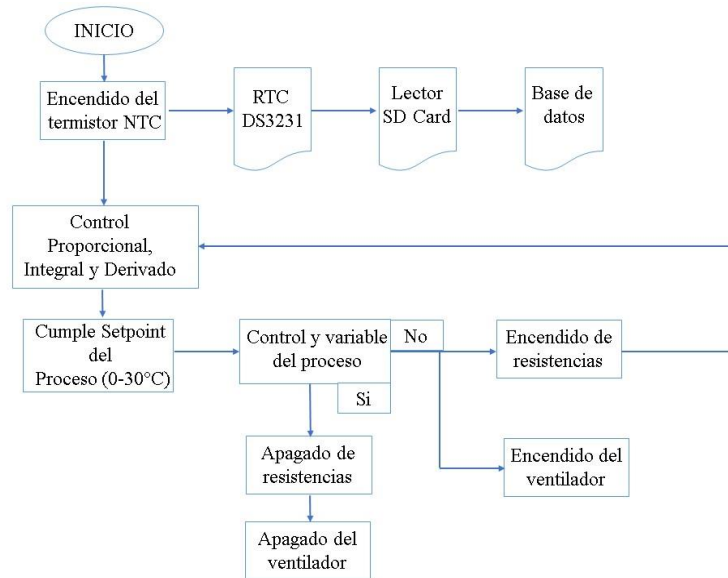


Figura 4.2. Diagrama de flujo sistema de calefacción.

4.4.2.1 Carga de calentamiento

Para el cálculo de la carga de calentamiento se tomará como referencia la carga térmica necesario para el sistema por completo calculada en la ecuación 4.37 [44].

$$Q_T = 306.37 \frac{Btu}{h} \quad (4.41)$$

Teniendo un calor total aproximado del sistema de $350 \frac{Btu}{h}$ para lo cual se implementó un sistema de 3 resistencias de 385W y una de 285W. Esta resistencia mantiene características como:

- Voltaje de alimentación 110V.
- Acero inoxidable AISI-304L.
- Longitud de la resistencia: 39cm.
- Potencia: $385W \cdot 3 = 1155W$.
- Potencia: 285W.
- Intensidad total: 8 A.

Carga térmica de las resistencias

$$Q = 1440W \cdot \frac{3.4128 \frac{Btu}{h}}{1W} = 4914.432 \frac{Btu}{h} \quad (4.42)$$

Se decidió implementar cuatro resistencias para mejorar el tiempo de respuesta del sistema de calefacción para la cámara y sus interiores, contemplando que requiere $350 \frac{Btu}{h}$ aproximando al inmediato superior.

4.4.2.2 Efecto Joule

Este efecto presenta que todo elemento conocido tiene resistencia eléctrica, el cual emitirá un grado de calor, el mismo que dependerá de las características del material, así como de la intensidad de corriente que circule a través de él. Esto se encuentra corroborado con la siguiente ecuación.

$$Q = R * I^2 * t * 0.24 = \tag{4.43}$$

Donde:

Q: calor de calor emitido [calorías].

R: resistencia eléctrica del circuito [Ohms].

I: intensidad de corriente que fluye a través del circuito [A].

t: tiempo medido =60s.

0.24: constante de calorías por cada joule de energía.

4.5 SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO

El control de este sistema es un proceso que se lleva acabo con elementos o dispositivos eléctricos y electrónicos, cuyo objetivo es controlar de forma eficiente el funcionamiento del mismo, de tal manera que se pueda operar por si solo mediante la retroalimentación de sus entradas con respecto a sus salidas sin intervención humana.

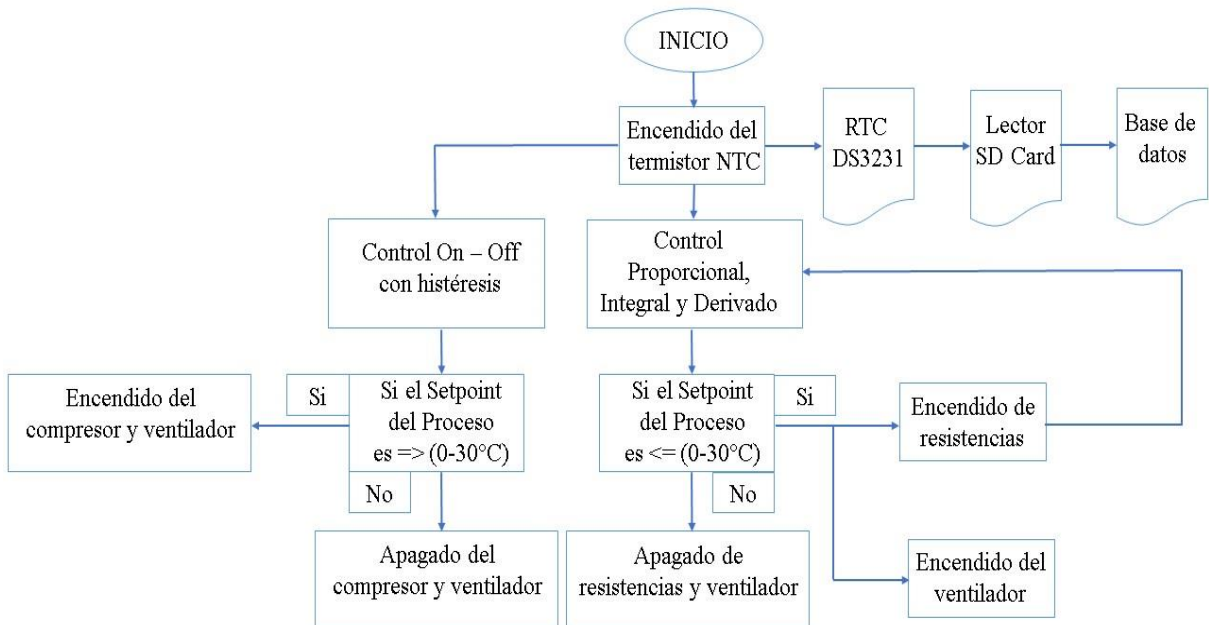


Figura 4.3. Diagrama de flujo del sistema de control.

4.5.1 Selección del controlador lógico programable

Al comparar diferentes marcas de controladores lógicos programables exponiendo su lenguaje de programación, su gama, dado estos atributos se optó por el microcontrolador ATmega 328P, con el principal motivo de su fácil programación mediante el IDLE de Arduino, sus bajos costos comparadas con otras plataformas y microcontroladores, su hardware ampliable y de código abierto, permite acoplar distintos módulos en este caso, el módulo lector de memorias micro SD y el módulo RTC (DS3231).

Se utilizará el microcontrolador ATmega 328P, por sus características principales como: [45].
Microcontrolador arquitectura de 8 bits de la familia AVR.

Hasta 23 pines I/O disponibles.

Memoria de programa flash de 32 kB.

SRAM de 2 kB.

EEPROM de datos de 1 kB.

Velocidad máx. de la CPU 20 MIPS.

Oscilador externo hasta 20 MHz.

Voltaje de operación 1.8 V a 5.5 V.

ADC de 10 bits y 6 canales.

Encapsulado PDIP de 28 pines.

4.5.2 Controlador Elitech ECS- 961 NEO

Es un controlador digital de temperatura utilizado en equipos de enfriado con deshielo natural, por paro de compresor, o también utilizado en aplicaciones de calentamiento. El controlador digital modelo ECS-961 es utilizado en sistemas de frío que almacenen productos, en el cual el sistema de refrigeración necesite realizar deshielos naturales y de manera periódica, con el detenimiento del compresor por un tiempo determinado. Su profundidad reducida de 39mm lo convierte en un producto versátil. Puede ser configurado para aplicaciones de calentamiento, con la simple modificación de un parámetro [46].

Este controlador es utilizado para un manejo manual del sistema ya sea seleccionado para enfriar o calentar, debido que este debe ser programable y elegir su función de refrigeración o calefacción en el respectivo seleccionador, de igual manera este controlador ha sido escogido debido a sus especificaciones técnicas, como lo son:

Temperatura de control -50 a 99°C.
Temperatura de medición -50 a 99°C.
Alimentación eléctrica directa 110Vac \pm 10% (50/60Hz) o 220Vac \pm 10% (50/60Hz).
Consumo eléctrico < 3W.
Precisión de lectura -40°C a 50°C, \pm 0,5°C, restante del rango \pm 2.0.
Resolución 0.1°C/ 1.0°C.
Corriente máxima por salida 17A (Hasta un 1HP en 220V).
Humedad de operación 20 a 85%.
Temperatura de operación 0°C a 55°C.
Temp. de almacenamiento -25°C a 75°C.
Dimensión del instrumento 78.5 x 34.5 x 41 mm (Adax).
Dimensión del recorte 71 \pm 0,5 x 29 \pm 0,5 mm (Aixa).
Grado de protección Frontal IP-65.

4.5.3 Selección del sensor de temperatura

Dadas las características y la descripción de cada sensor de temperatura se optaron en utilizar el termistor NTC por su pequeña masa, lo que permite velocidades de respuesta muy altas, su rango de temperatura, siendo principalmente usada en la toma de datos del ambiente de trabajo.

4.5.4 Micro controlador ATmega 328P

Es un micro controlador reprogramable, caracterizado por sus diferentes tipos de entradas y salidas (analógicas y digitales), siendo utilizado en diferentes proyectos, debido a la facilidad de su programación, siendo de fácil manejo y teniendo un costo accesible [47].

4.5.5 Pantalla Nextion HMI 3.2”

Nextion es una de las mejores soluciones de interfaz máquina- humano(HMI), la cual proporciona una interfaz de control y visualización entre una persona y una aplicación, un dispositivo, un proceso o una máquina. Nextion es aplicada principalmente al internet de las cosas (IoT) o en el campo de electrónica de consumo, este sistema consta de un hardware y una parte de software; la tarjeta TFT de Nextion usa únicamente el puerto serial para su comunicación.

Consta de características como: su compatibilidad con Compatible con Raspberry Pi A +, B +, Pi 2, Pi 3, Arduino, resolución 400 x 240. RGB 65K colores reales, pantalla TFT con panel táctil resistivo integrado de 4 cables, interfaz serial TTL de 4 pines, memoria flash 16M para código de aplicación de usuario y datos, ranura para tarjeta micro-SD a bordo para actualización de firmware, Visual: 69,60mm (L) times41.76mm (W), Brillo ajustable: 0 ~ 230 liendres, el intervalo de ajuste es del 1%, 5V85mA el consumo de energía [48].

4.5.6 Contactores electromagnéticos

Son dispositivos electromecánicos utilizados para realizar control eléctrico y automatización, se pone en funcionamiento cuando la bobina se energiza genera un campo magnético, de manera que el núcleo atrae a la armadura, permitiendo así el paso de la corriente. Para que los contactos vuelvan a su posición anterior es necesario des energizar la bobina, es decir, la desconexión de la bobina [16].

4.5.7 Relé de estado solido

En este tipo de relés sus interruptores requieren valores mínimos de voltaje y corriente para su accionamiento, esta señal de entrada se describe mediante el voltaje y corriente de control, debido a su naturaleza electrónica estos son compatibles con circuitos lógicos de control que requieren voltajes y corrientes mínimos de niveles TTL (Lógica de Transistor a Transistor) [49].

4.5.8 Fusible eléctrico

Son dispositivos eléctricos conformados por un soporte y un filamento o lámina de metal, capaces de fundirse ante una subida de Voltaje o un cortocircuito, abriendo el circuito, lo que evita riesgos de incendio o destrucción de los equipos [16].

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se presentan los resultados a los que se llegó con la implementación del control de temperatura en la cámara de fermentador, se analizara los resultados bajo una división de sistemas o simulaciones como se presentara a continuación.

5.1 SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO.

La simulación del proceso nos permite desarrollar o determinar mejor los elementos a elegir para armar el circuito y realizar pruebas necesarias sin necesidad de tener los materiales físicos. Para probar las distintas formas de conectar los sensores, controladores, actuadores y visualizadores, sin embargo, es necesario realizar pruebas en simulación para así corregir fallos necesarios antes de la elección de materiales del prototipo, así evitar gastos innecesarios por daños de los materiales o el mismo prototipo, también podemos mencionar que dentro de la simulación ya consideramos los procesos casi reales del comportamiento de reacción en cuanto al cambio de temperatura simulando mediante componentes del mismo programa y a sus vez obtener un modelo matemático similar al real para poder realizar un control PID normalizado. La simulación en este programa trabaja con un archivo. hex desarrollado en el software para programar microcontroladores.

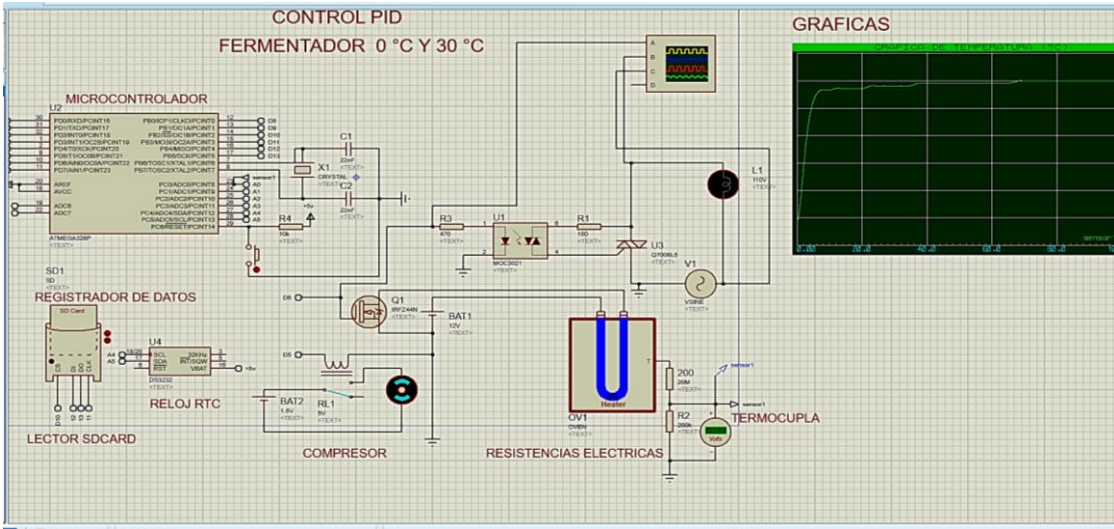


Figura 5.1. Simulación del controlador desarrollado para el proceso en Proteus y archivos. HEX para la programación de microcontrolador.

5.2 DIAGRAMA DEL PROTOTIPO DESARROLLADO PARA EL CONTROL Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA

Para el desarrollo del prototipo con elementos electrónicos primero nos basamos en las simulaciones desarrolladas previo al trabajo realizado en cuanto al funcionamiento del prototipo de acuerdo a las especificaciones dadas por el usuario, como resultados obtenemos un prototipo sólido capaz de soportar alta potencia gracias a los relés de estado sólido también aisladores con alimentación de corriente continua y en sus salidas de corriente alterna aisladas mediante opto acopladores para proteger a todo el circuito electrónico.

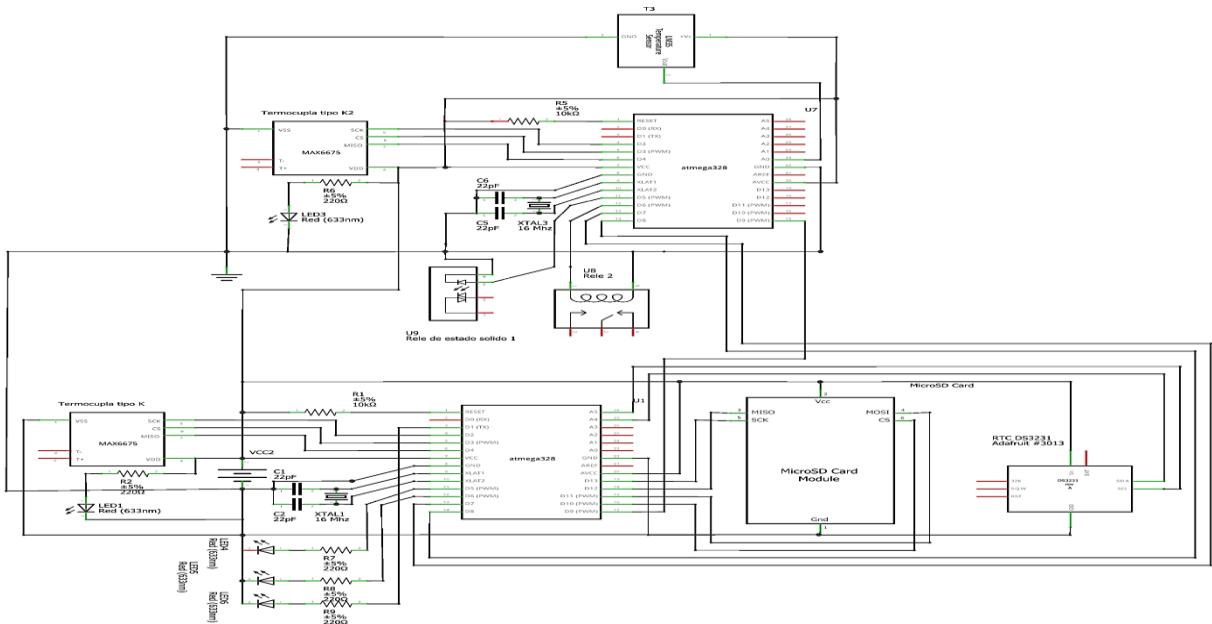


Figura 5.2.- Diagrama del circuito electrónico desarrollado para el control del sistema, desarrollado en Software de diseño electrónico.

Dentro del diagrama electrónico nos encontramos con varios componentes y módulos adaptados de manera concreta a microcontroladores como es en este caso se utilizó el ATmega 328p ya que básicamente contiene todas las características necesarias para desarrollar el control de todo el sistema ya que cuenta con salidas y entradas tanto analógicas como digitales. También cabe recalcar los tipos de comunicaciones necesarias para trabajar con los módulos tanto para el controlador del sistema y el registrador de datos. Ya que en este caso se utiliza 5 módulos para microcontroladores como son: Módulo lector de micro SD, Módulo RTC DS3231 (Reloj Time), Amplificador de señal MAX6675 para Termocupla tipo K, Módulo relé electromecánico y módulo de relé de estado sólido. Una vez detallado los módulos a utilizar cada uno trabaja con distintas librerías para poder funcionar de manera correcta dentro del sistema desarrollado. A continuación, algunas librerías utilizadas.

```
#include <SD.h>           // Libreria Lectror SD card
#include <DS3231.h>       // Libreria RTC reloj tiempo real
#include "max6675.h"     // Libreria amplificador MAS6675
#include "Sodaq_DS3231.h" // Libreria para el manejo del modulo RTC
```

Figura 5.3. - Librerías necesarias en el entorno del Software de Programación de microcontroladores.

También se desarrolla la placa impresa en Pcb de todo el controlador desarrollado y explicado anterior mente ya que debe estar completamente solido debido a que este controlador ejercerá su función alrededor de 7 días continuos tanto en control y supervisión de proceso.

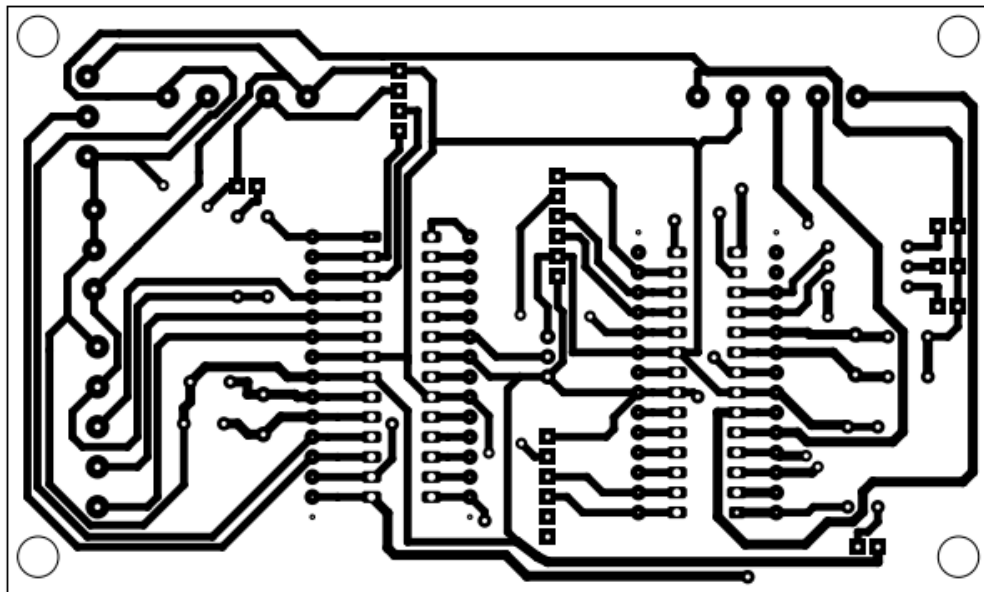


Figura 5.4 Circuito en Pcb para imprimir la placa del controlador, revisar ANEXO R, S y T.

5.3 ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES

Se elige la Termocupla tipo K debido a su sensibilidad con su respectivo amplificador para compensar las juntas frías que por el tipo de material se generan, para ello se está trabajando con el amplificador MAX6675 con un rango de 0 – 1023 °C, para más detalles revisar el Anexo D Tabla D. Debido a que la señal del sensor no es constante y por ende genera picos en su lectura o reacción ante el cambio de temperatura, por eso se decide utilizar un filtro paso bajo (EMA) estos dejan pasar la señal más baja y suprimen las señales más altas. A continuación, la línea de código del sensor y su respectivo filtro y su resultado esperado.

```
// FILTRO PASABAJO SEÑALES ANALOGICAS
int sensorPin = A0;
float Y= 0.0;
float alpha=0.05;
float Filtro = Y;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Y = (float)analogRead(sensorPin);
  Filtro=(alpha*Y)+((1-alpha)*Filtro);
  Serial.print(Y);
  Serial.print(",");
  Serial.println(Filtro);
  delay(10);
}
```

Figura 5.5. Líneas de código para generar el filtro en una señal analógica en software de programación en microcontroladores.

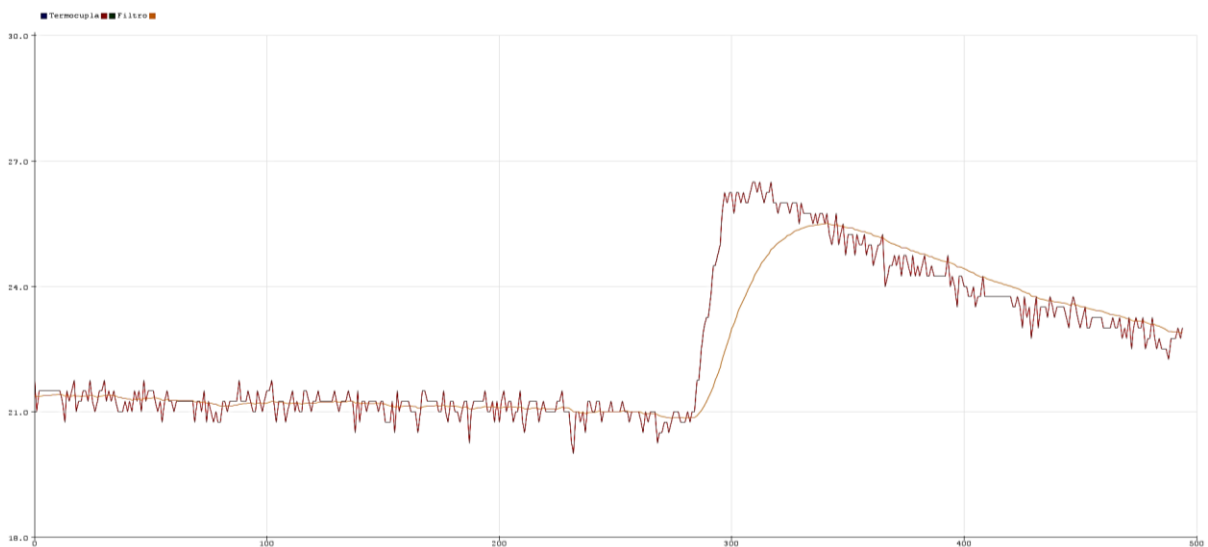


Figura 5.6. Resultado de la aplicación del filtro pasa abajo EMA.

5.4 CÓDIGO DESARROLLADO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA EN EL SISTEMA

Una vez realizado la elección de los materiales para el prototipo nos corresponde desarrollar el código en un software de programación para microcontroladores. Aquí se explica detalladamente cada línea o segmento de código con el fin de detallar la funcionalidad y su debido uso dentro del prototipo., para más detalles visitar el Anexo H.

Después de las librerías inicializamos declarando variables para todos los módulos y controladores. A continuación, se define los puertos como entradas y salidas, a su vez se determina la velocidad y tipo de comunicación que se va utilizar, considerando que todo lo que está dentro de la función void setup () se ejecuta una sola vez desde que comienza a trabajar el microcontrolador. Haciendo referencia al Anexo I.

Dentro de la función void loop () están todas las funciones creadas para no interrumpir el código principal ya que el microcontrolador puede realizar varias secuencias a la misma vez. Esta función es un ciclo repetitivo que está siempre en ejecución por eso es necesario conocer muy bien el lenguaje de programación y sus respectivas características para no afectar el resto del proceso. La función millis () dentro del software de programación nos ayuda mucho ya que este comando no genera ningún tipo de interrupción y es de gran ayuda en el código debido a la ejecución simultánea de varios procesos para el correcto funcionamiento del sistema. Como se observa en el Anexo J.

Se crearon funciones para distintos procesos que se ejecutaran en el programa principal cada uno con distintas acciones. Para mayor información revisar el Anexo K.

Siendo esta función una de las más importantes de acuerdo al comportamiento del control del sistema ya que es necesario calcular mediante los tiempos de respuesta con la fórmula del PID para realizar su trabajo de manera adecuada, esta función tiene una salida en PWM que nos permite controlar de manera proporcional a las resistencias considerando el error y el rango del error en consideración de las constantes de sintonización halladas en el modelo matemático, que se puede encontrar en la ecuación 3.4. y se aplica en el Anexo L.

La función Control_pid () controla la salida del compresor mediante un control on - off la cual se encarga de apagar la salida del relé y encender la salida del PID, evitando su funcionamiento simultáneo y así evitar incoherencias en el sistema. Como se observa en el Anexo M.

5.5 CÓDIGO E INTERFAZ HMI NEXTION DESARROLLADA PARA EL SISTEMA

Para la programación de la pantalla Nextion es necesario conocer todas las características de la misma para evitar problemas de código ya sea en el software del microcontrolador o el software para programar la pantalla Nextion. A continuación, se detalla el código utilizado y la interfaz realizada.

Primero se incluyó las respectivas librerías para poder utilizar la pantalla Nextion, de acuerdo a los conocimientos adquiridos en la investigación del proceso. Observar en el Anexo L. Como continuación se declara las variables para el proceso de la interfaz HMI, los respectivos pines de sensores y salidas para los actuadores. véase en el Anexo N.

Como se observa en el Anexo O. la función void setup () al ejecutarse una sola vez se define el tipo, velocidad de comunicación y declaramos los pines como entrada o salida dependiendo el caso del uso del controlador.

Como se observa en el Anexo O. La función void loop () permite realizar constantemente las funciones que están por dentro como es la llamada de la lectura de los puertos enviados por la pantalla Nextion, ya que necesariamente necesitan el origen de la página nombre e id del componente para realizar cualquier función propuesta. Dentro de esta función es necesario recalcar que este comando sgrafic. addValue es el que nos permite realizar la comunicación entre el microcontrolador y la pantalla Nextion.

La función void incrementar_setpoint y void decrementar_setpoint (), solo realizan la función de leer los datos enviados por la pantalla Nextion e incrementar o decrementar el valor del setpoint que va ser elegido para el proceso. Como se observa en el Anexo P.

La interfaz desarrollada en el editor del mismo visualizador (Nextion) se puede generar el HMI para poder controlar la máquina de manera rápida y sencilla. A continuación., se detalla cada interfaz creada en la pantalla Nextion y a continuación se puede observar la interfaz final del sistema HMI.

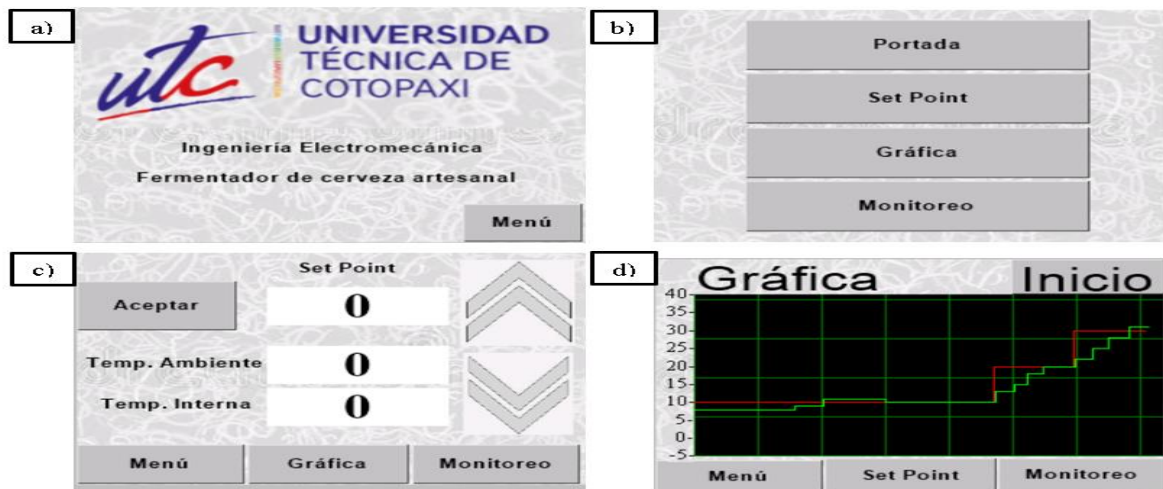


Figura 5.7. a) Portada datos informativos, b) Menú de la interfaz, c) Visualizador de temperatura ambiente e interna y capacidad para ingresar el setpoint e iniciar el proceso, d) Grafica del comportamiento del sistema en relación al SP y PV.

De acuerdo a las peticiones del usuario se realizan algunos cambios con relación al HMI para el control del proceso con un menú desplegable con las temperaturas fijas y acorde a lo solicitado, también se añadió una pantalla donde se puede visualizar todo el comportamiento del sistema como cuando esta y no encendido un sistema o componente del mismo. Cabe añadir que los diseños tanto Electrónico, Diseño del PCB y diseño 3D de la placa se encuentran en los Anexos R, S y T.

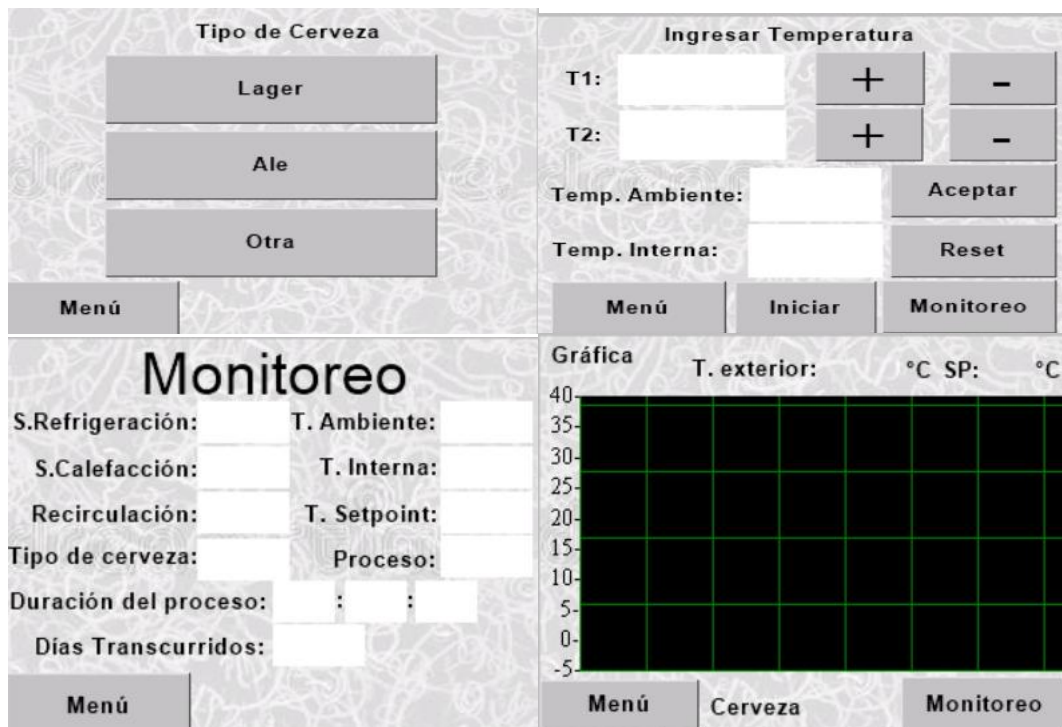


Figura 5.8. Nuevo diseño de HMI para el control del proceso.

5.6 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CON CONTROL ON – OFF Y PID

En los datos obtenidos por el registrador se observa el funcionamiento de todo el sistema durante un periodo de 41 minutos el registrador se encuentra programado para recopilar los datos cada segundo por ende la gráfica se encuentra en función del tiempo en segundos, como podemos observar el tiempo estimado en cuanto a la disminución de temperatura dada por el sistema de refrigeración desarrollado y estimado para este proceso mediante un sistema de refrigeración domestico el cual es controlado mediante un control on - off y se obtiene como resultado un valor aproximado de 30 minutos de bajada desde una temperatura ambiente de 28 °C a una temperatura interna en el fermentador de 15 °C como Setpoint o valor fijo, el sistema tiende a estabilizarse en 16 minutos con un error de $\pm 1^\circ\text{C}$ durante 10 minutos antes del cambio de Setpoint. Para el sistema de calefacción mediante resistencias eléctricas con un control PID el tiempo estimado es de 7 minutos con una temperatura inicial de aproximadamente 15 °C para elevarse a una temperatura Setpoint de 30 °C, es considerable y notorio el tiempo de respuesta del sistema más rápido con este control pero de igual manera consideramos un sobre impulso de $+2^\circ\text{C}$ y -1°C con la temperatura de referencia, considerando que las constantes del control PID desarrollado en el Software de programación para microcontroladores de código libre son valores recomendados por las librerías utilizadas para el control. Hay que considerar que esta grafica representa a las primeras pruebas que se realizó en conjunto para todo el sistema del proceso de fermentación de cerveza artesanal, considerando la obtención de datos del sistema para así determinar un modelo matemático y controlarlo de manera correcta y realizar las respectivas correcciones como las pérdidas de calor y la concentración de la misma.

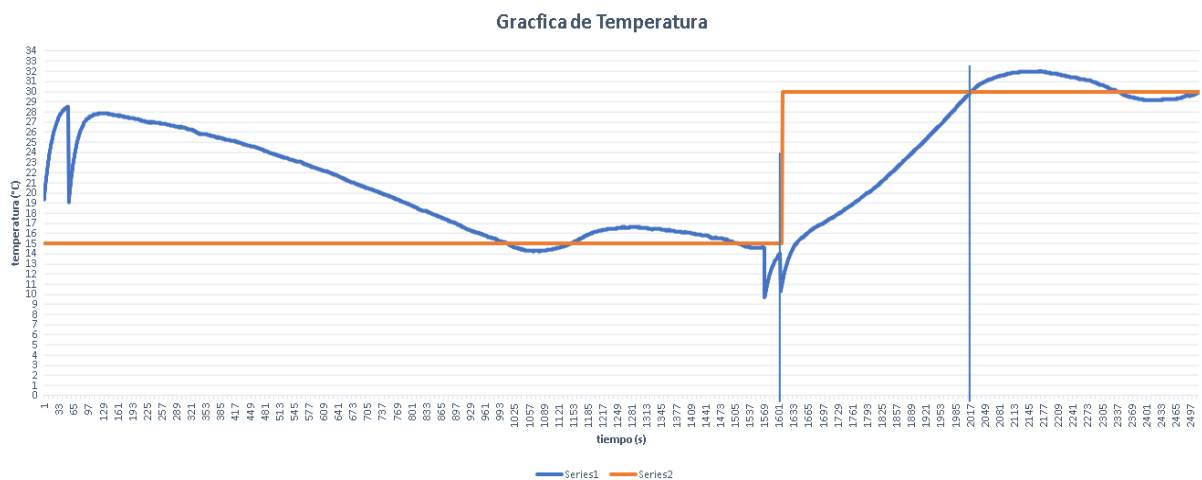


Figura 5.9. Series 1: señal del sensor considerado PV y Serie 2: señal fija de la temperatura también llamada Set Point.

5.7 FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL SISTEMA

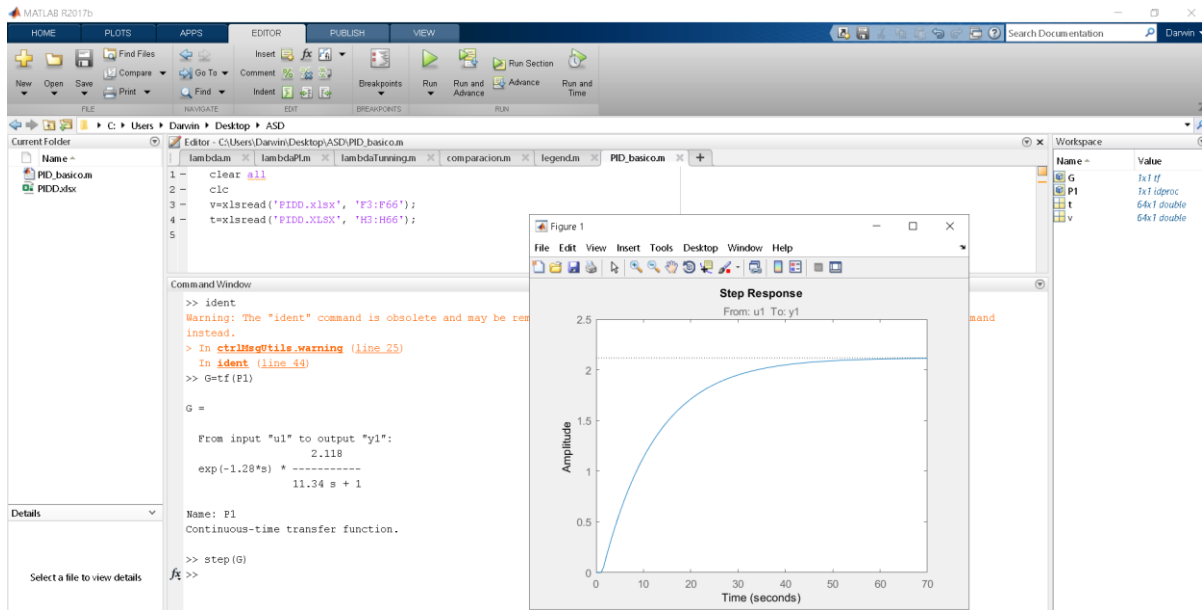


Figura 5.10. Cálculo de la función de transferencia en el software de Matlab [50].

Con las primeras pruebas donde se incluían la base de datos se obtuvieron las curvas según escalones de temperatura pasando de 0°C a 30°C con los cuales se obtuvieron la función de transferencia, esto gracias al software de Matlab [50], que mediante su interface permite calcular la función de transferencia al igual que la sintonización utilizada para el sistema de control PID, en el mismo se pueden realizar algunos métodos de sintonización entre los cuales se utilizó el método de polos salientes , siendo la primera prueba dándonos como resultado al siguiente grafica.

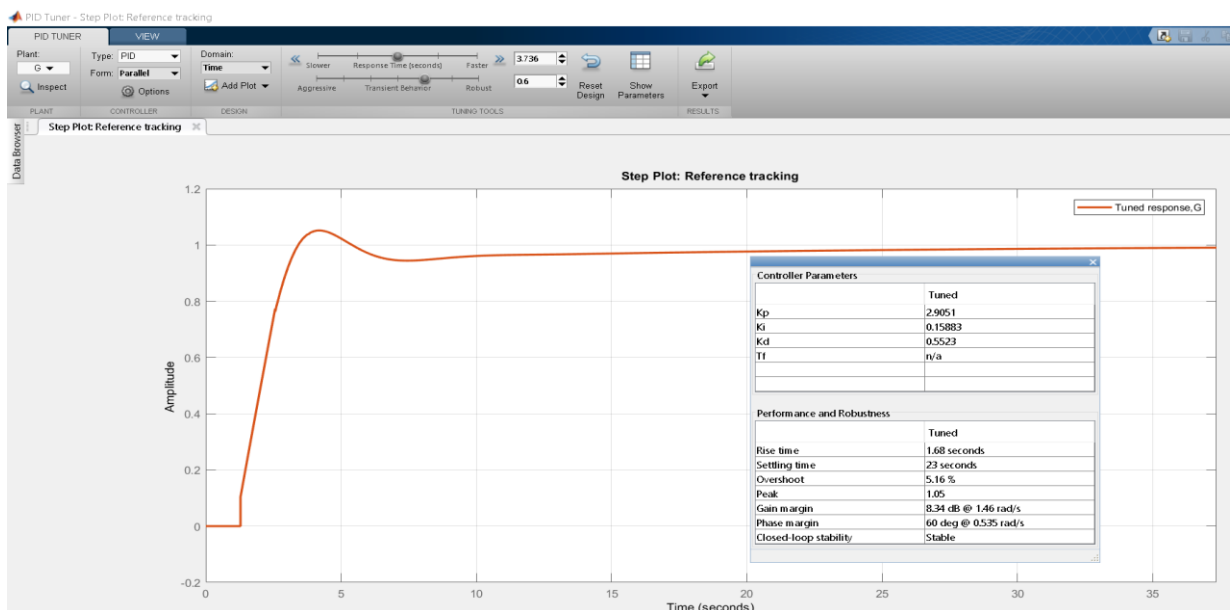


Figura 5.11. Primer intento de sintonización con el software de Matlab.

Teniendo como resultado a esta sintonización una respuesta rápida, pero con un pico de temperatura, siendo este inadecuado para el proceso en cuestión.

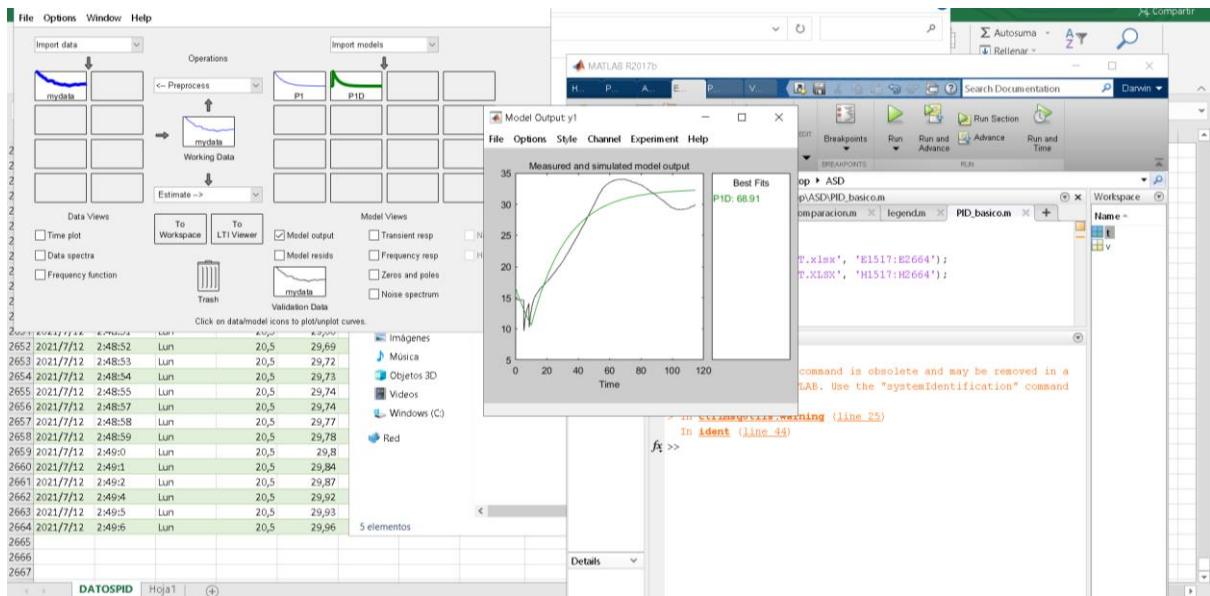


Figura 5.12. Sintonización fallida.

Como se observa en la figura 5.10. con nuevos datos se obtuvieron diferentes funciones de transferencia, pero no siempre siendo estas las mejores teniendo eficiencias inferiores al 75%, siguiendo con las pruebas obtuvimos sintonizaciones mejores y la función de transferencia que se utilizó.

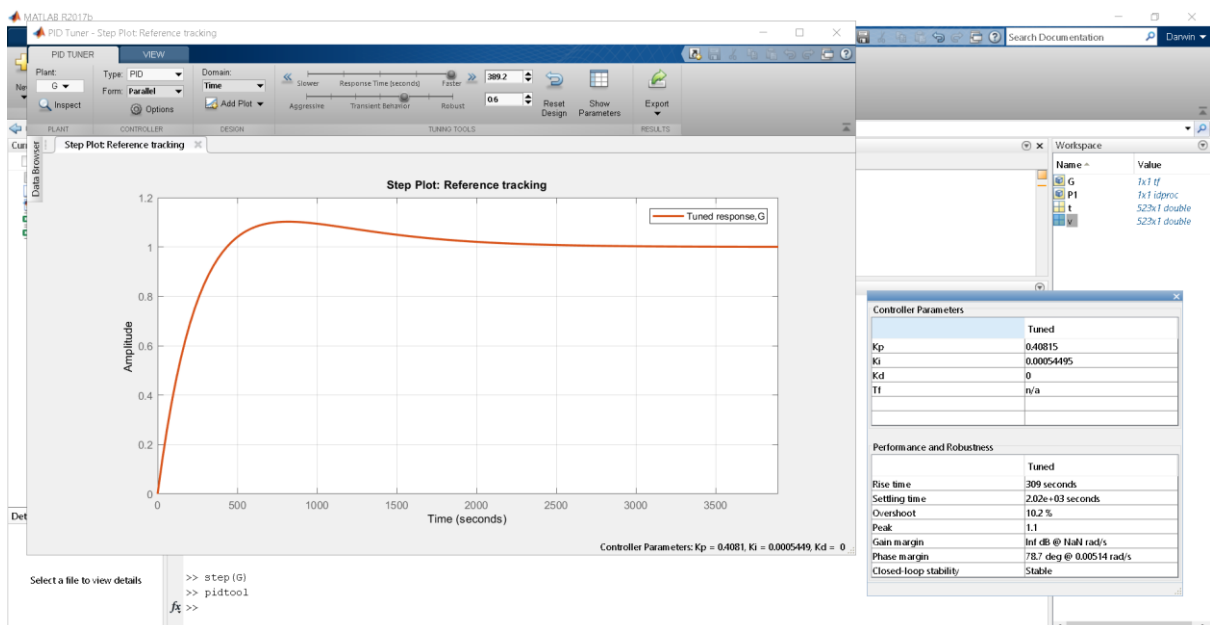


Figura 5.13. Sintonización final en el software de Matlab.

5.8 COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA CON LAS CONSTANTES OBTENIDAS PARA EL PID

Se obtiene la siguiente respuesta del sistema una vez desarrollado la sintonización por cancelación de polos, se puede apreciar el error de $\pm 1^\circ\text{C}$ en un periodo de 12 minutos teniendo dos saltos de escalón, el primero es de 29°C desde una temperatura ambiente de 26.5°C se demora en llegar al setpoint con un sobre impulso con un periodo de 1 minuto durante todo el proceso y no tiende a estabilizarse durante 4 minutos establecidas en el primer setpoint por ende se estimó realizar un cambio de escalón menor para ver su respuesta. El segundo setpoint se lo establece a los 4 minutos de haber iniciado el proceso, durante 9 minutos tampoco tiende a estabilizarse y se sigue considerando el error de $\pm 1^\circ\text{C}$ durante todo el proceso y la respuesta del sistema tiende a llegar a su setpoint en un tiempo estimado de 12 segundos en subir la temperatura y en reducir se estima un tiempo de 1 minuto y retiene la temperatura baja por un periodo de 1.3 segundos, por ende, se pretende reducir el error obtenido con las primeras pruebas realizadas. Cabe recalcar que existen picos fuera de ese rango por el mismo hecho de acumulación de calor y no siempre tendrá la misma capacidad de absorción de calor interno por parte del sistema de refrigeración.

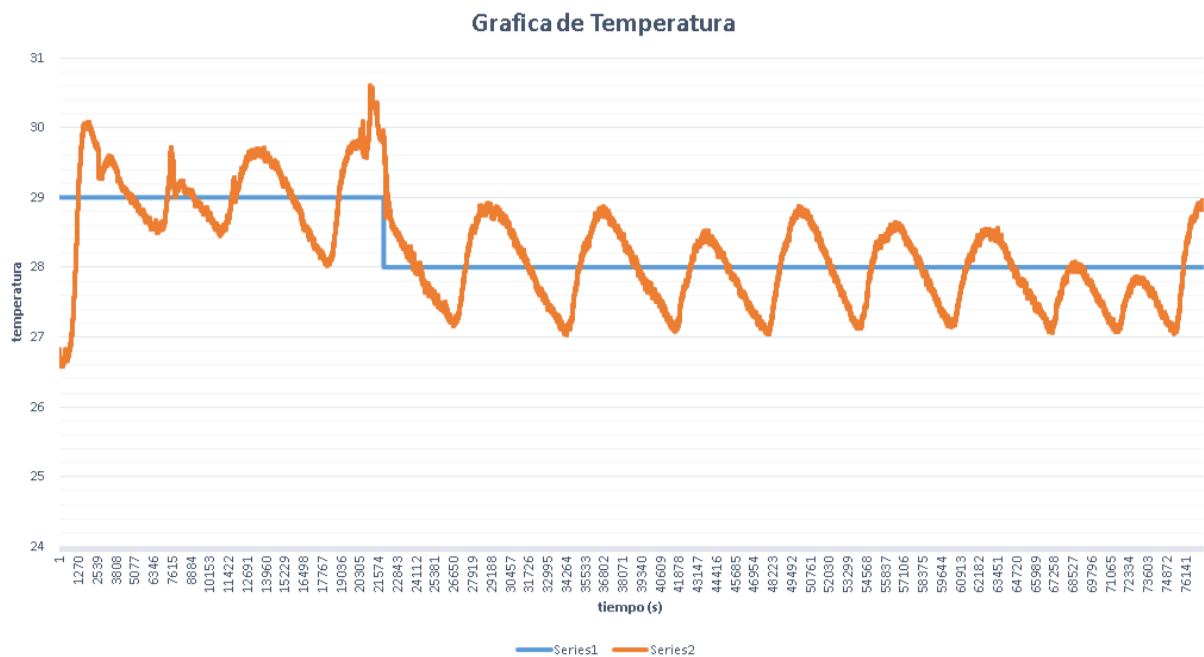


Figura 5.14. Comportamiento del sistema. **Series1:** señal del Setpoint y **Series 2:** señal del PV.

Para esta grafica se analiza el comportamiento por alrededor de 12 horas en funcionamiento , considerando la mejora de la programación en el cual se elimina los retratos con la función delay() y es remplazada por la función millis() en la recopilación de datos de los sensores sigue siendo el mismo pero los cálculos tienen un retardo de 30 segundos esto es considerado para

cuidar al compresor debido que tiene a trabajar con presión de alta y baja para ello es necesario dicho tiempo antes mencionado, por ende se puede apreciar una gráfica con el comportamiento del sistema mejor ya que se considera un error de ± 05 con referencia a los setpoint establecidos durante todo el proceso. Se estima que los picos que se puede observar no son por periodos largos más bien son como pequeños impulsos del sensor o interferencias generadas por la ubicación del controlador ya que se encuentra en Protoboard.

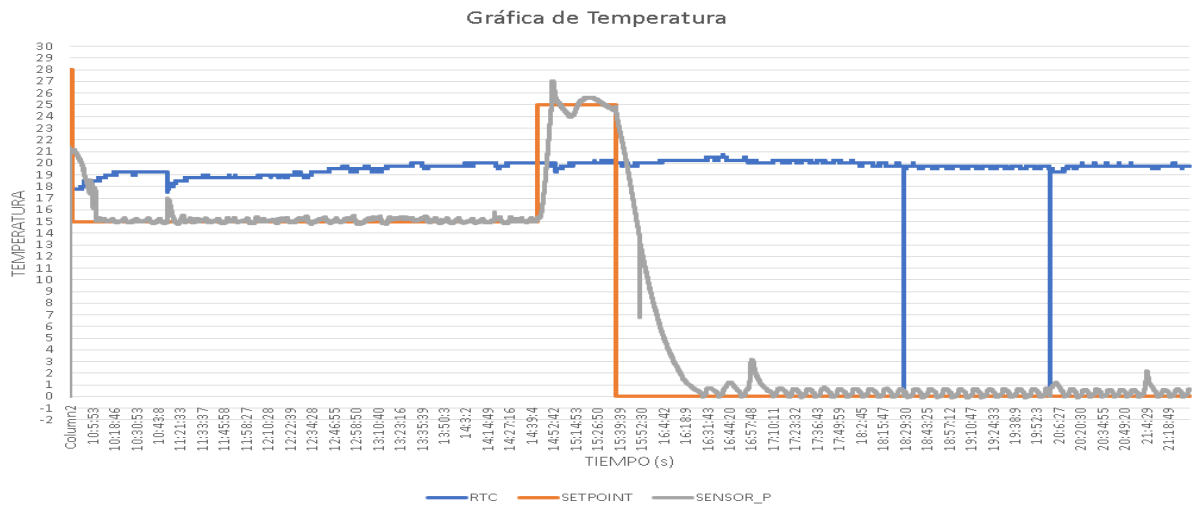


Figura 5.15. Comportamiento del sistema con cambios de escalón. **RTC:** Temperatura Ambiente, **SETPOINT:** señal del Setpoint y **SENSOR_P:** señal del PV.

5.9 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO A TEMPERATURA BAJA DE 0 °C

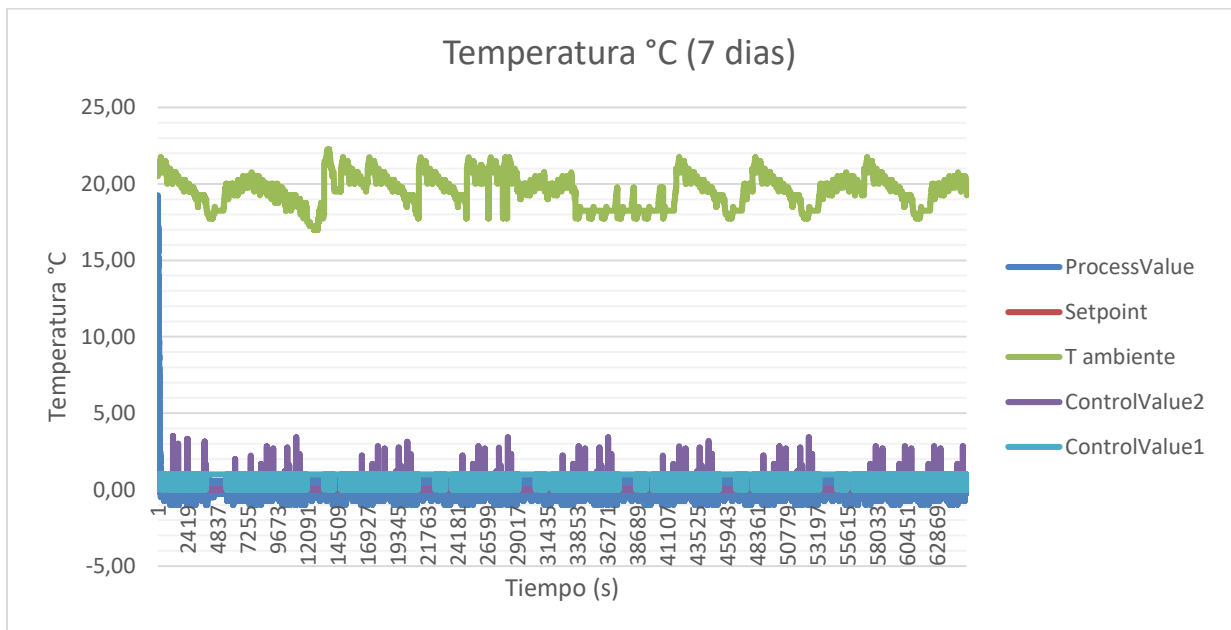


Figura 5.16. Comportamiento del sistema a baja temperatura de 0°C.

Tabla 5.1 Conversión de tiempo de segundos a días del comportamiento del sistema.

Periodo		
Tiempo (s)	(horas)	(días)
652650	181,291667	7,55381944

En esta prueba de laboratorio se observa el comportamiento a 0 °C por lo cual el diseño del sistema soporta temperaturas entre 0 a 30 °C como se puede observar en las gráficas, cabe recalcar que aquí no se analiza el comportamiento de los sistemas por el simple hecho que no es un rango establecido para los procesos programados. A continuación, se presentan cada curva representada:

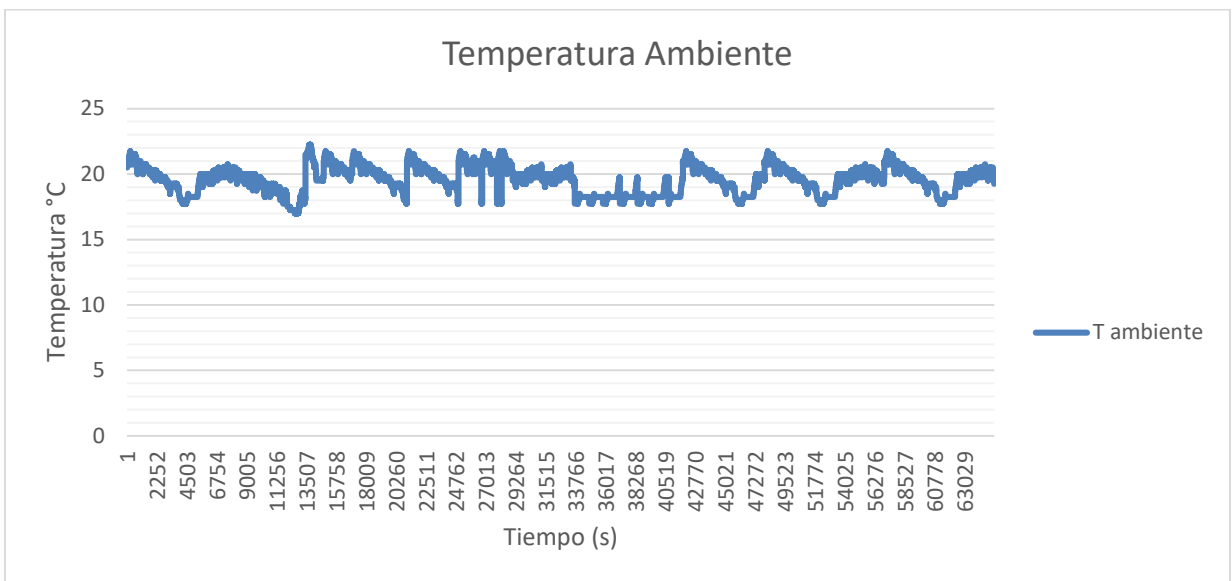


Figura 5.17. Comportamiento de la temperatura ambiente durante pruebas a baja temperatura durante 7 días.

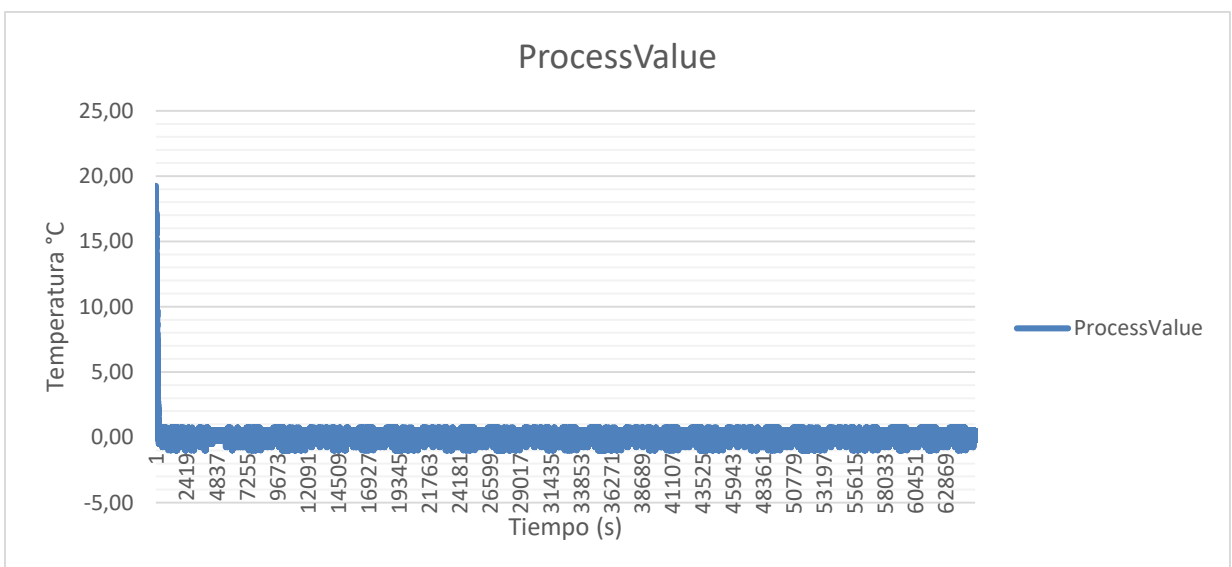


Figura 5.18. Comportamiento de la temperatura interna o la variable del proceso durante pruebas a baja temperatura durante 7 días.

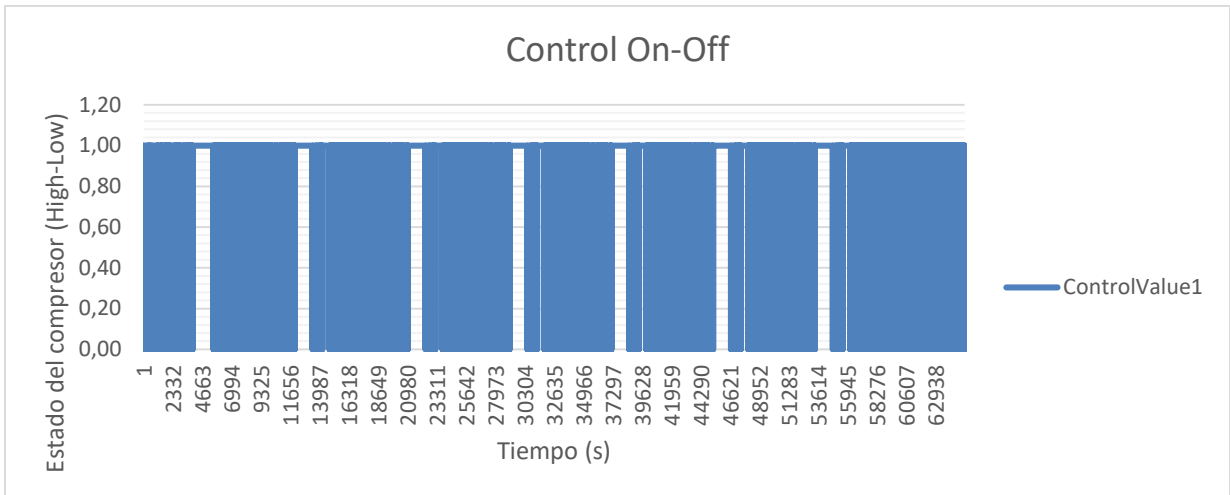


Figura 5.19. Comportamiento del sistema de refrigeración durante pruebas a baja temperatura durante 7 días.

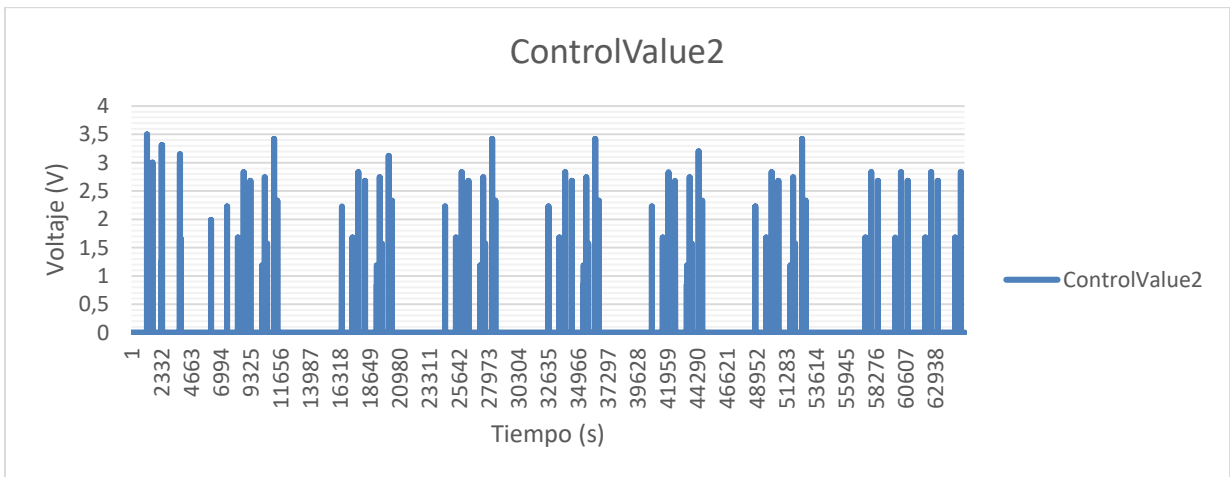


Figura 5.20. Comportamiento del sistema de calefacción durante pruebas a baja temperatura durante 7 días.

Dentro de estas pruebas se logra determinar que el uso del sistema pid para trabajar a esta temperatura es reamente innecesario por el mismo hecho de conservación de temperatura y esto provoca error a la variable del proceso para desestabilizar el sistema en su totalidad, por ende, de estas pruebas se determina que el sistema de calefacción mientras la temperatura sea mayor a la variable del proceso no se va encender mediante condicionales en la programación del controlador.

5.10 COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA PARA EL PROCESO DE CERVEZA TIPO ALE

Para los resultados del proceso de fermentación en una cerveza Ale se analiza los datos de un día a la temperatura 1 de 19 °C y la Temperatura 2 de 22 °C, se estima la variación de temperatura como error de +-1 debido a que el controlador se está ejecutando cada 30 segundos

y por el mismo hecho de la concentración de calor o frío dentro de los materiales por los que conforman la cámara de fermentación. También se analiza las temperaturas estipuladas por el investigador que propone dicha necesidad, siendo de total conocimiento dicho error en la gráfica suficiente como para validar el funcionamiento del controlador desarrollado.

Para esto también es importante considerar el comportamiento de todo el sistema, ya que se utilizó dos controladores los cuales se clasifican entre el control del proceso y el registrador de datos debido a la comunicación entre el microcontrolador y el dispositivo HMI elegido por nosotros. A continuación, se muestra el comportamiento del sistema de Fermentación durante dos días, con la temperatura 1 y temperatura 2.

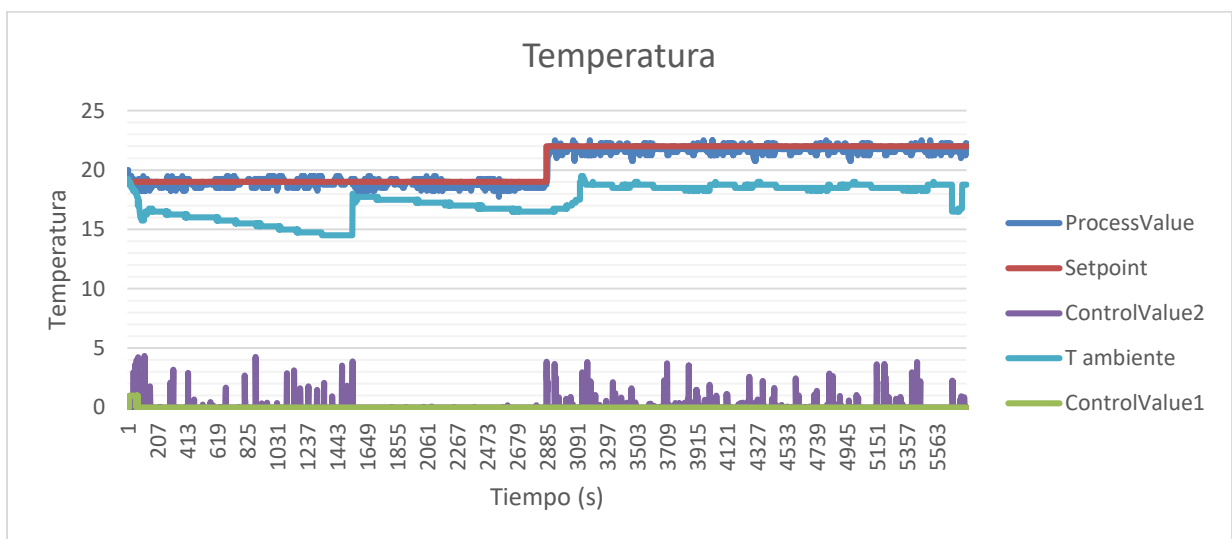


Figura 5.21. Comportamiento del sistema para una Cerveza Ale.

Cada curva representada en la gráfica se define a que elemento o componente dentro del Fermentador corresponde:

ProcessValue: Sensor de la temperatura interna a la cual está la cámara de fermentación trabajando para el proceso de Fermentación.

Setpoint: Esta curva representa a las temperaturas Fijadas para dicha cerveza ya mencionada y es muy importante ya que es la variable que controla todo el sistema.

ControlValue1: Aquí podemos observar el comportamiento del compresor con un control todo o nada o también llamado on-off y a su vez es notorio que la temperatura ambiente o exterior es muy esencial ya que solo encendió 30 minutos en todo el primer día.

ControlValue2: Representa a la señal Pwm de la variable de control del sistema de calefacción y a su vez es la parte más importante del sistema ya que nos permite suministrar energía de manera proporcional activando en porciones graduales según solicite el controlador.

T ambiente: Representa la temperatura ambiente o exterior del fermentador.

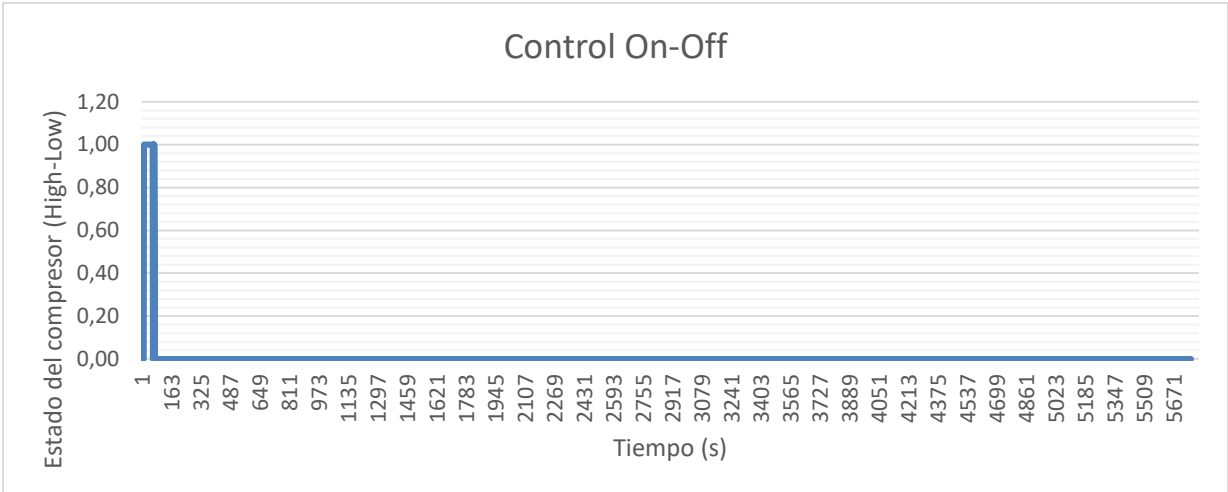


Figura 5.22. comportamiento del sistema de refrigeración durante 2 días.

En la Tabla 5.1., se observa el comportamiento del sistema de refrigeración durante 2 días el tiempo estima de encendido del sistema es aproximadamente de 30 minutos debido a que la temperatura ambiente a la que se encontraba cuando se inició el proceso era mayor a la Temperatura requerida por ende durante este tiempo el sistema paso encendido durante el periodo mencionado. A continuación, una representación más cerca con datos de tiempo estimados de encendido.

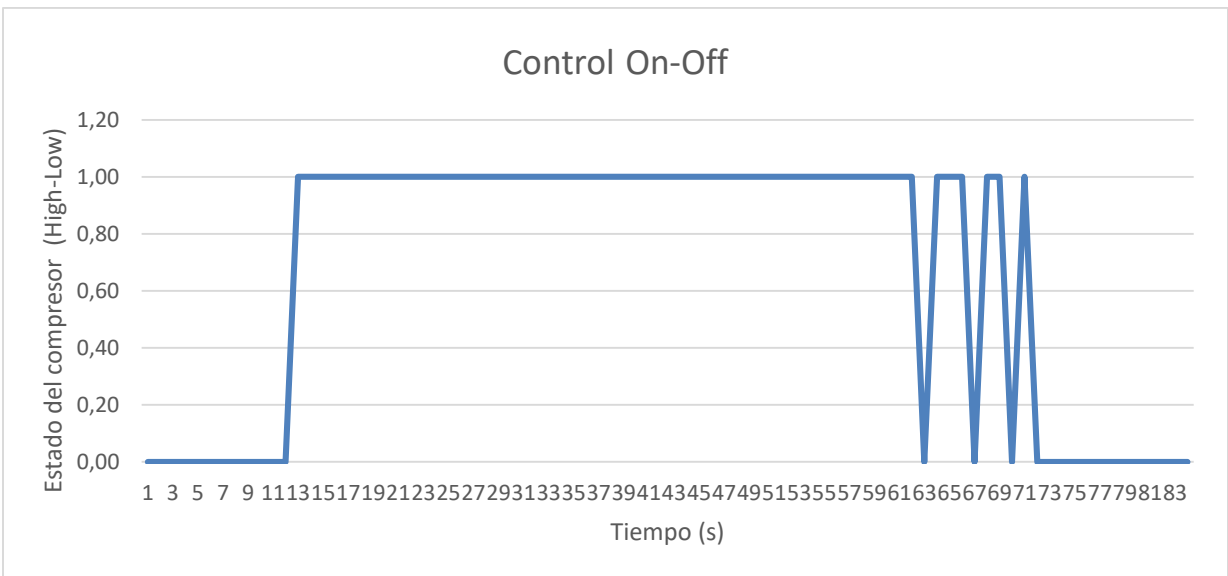


Figura 5.23. Tiempo de encendido del compresor.

Para la interpretación de la gráfica Figura 5.23., Se estima un periodo de 41 minutos donde se observa el inicio del encendido del sistema hasta el apagado del mismo. Esto se realiza con el fin de analizar el consumo del sistema de manera individual a cada sistema, a continuación, se detalla en la Tabla 5.2., los tiempos estimados de encendido y consumo por día.

Tabla 5.2. Consumo del compresor en la Temperatura 1 y estimado por 7 días.

Periodo 1 (Compresor)		
Datos (c/30 s)	Datos (s)	Datos (min)
82	2460	41
12-72	1800	30
Consumo (KW)		
Tiempo (h)	Potencia (KW)	Consumo (KW/h)
0,5	0,21	0,105
Costo		
Consumo (KW/día)	Periodo 1 (días)	Consumo (KW/7 días)
2,52	7	17,64

Comportamiento del sistema de calefacción en cuanto a la temperatura 1 estipulada es la siguiente, con un periodo de duración de 2 días a diferentes temperaturas:

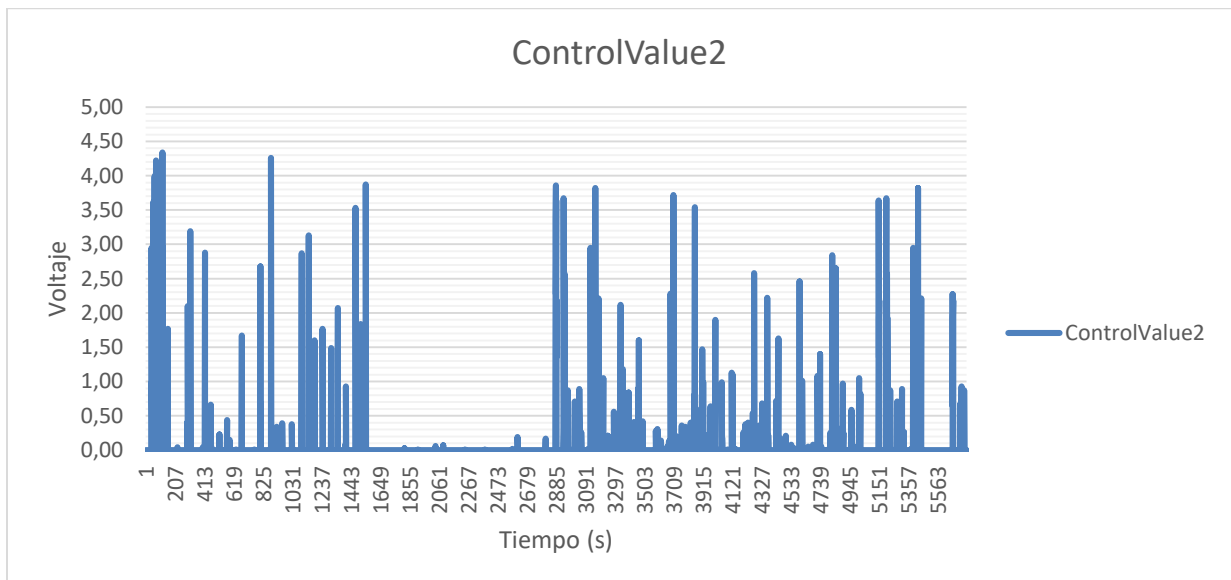


Figura 5.24. Comportamiento de la señal de control del proceso en voltios durante 2 días.

El suministro de energía del control pid se suministra por medio de una señal graduable el cual permite controlar la potencia del sistema de una manera adecuada, para ello se puede observar los porcentajes correspondiente a cada voltaje leído y registrado por nuestro controlador para esto también en los gráficos de la señal pwm convertida a voltaje nos permite observa que a una temperatura de 19 °C se eleva hasta un 4.5 v lo que hace referencia a un 90 % que en potencia es 1.296 KW como máximo al que trabaja durante un día estimando una de las temperatura con que la cerveza tipo Ale se fermenta durante 7 días. Para esto también se considera el tiempo de encendido del sistema de calefacción ya que aproximadamente este encendido durante 3 horas en un día estimando con la potencia máxima ya mencionada antes.

A continuación, estimación del control proporcional del sistema de calefacción:

Tabla 5.3. Estimación del comportamiento del sistema de calefacción

Control proporcional del sistema de calefacción		
Voltaje (V)	Rendimiento (%)	Potencia (KW)
5	100	1,440
4	80	1,152
3	60	0,864
2	40	0,576
1	20	0,288
0	0	0

Para una temperatura de 22 °C se estima que el valor máximo de suministro de energía representa una señal de 80 % del trabajo total del sistema con una duración de 4 horas y 30 minutos a una potencia de 1.152 KW. Considerar el promedio de esta señal para obtener un consumo estable de 0.05 durante todo el día y eso se realiza como consumo de 3 días.

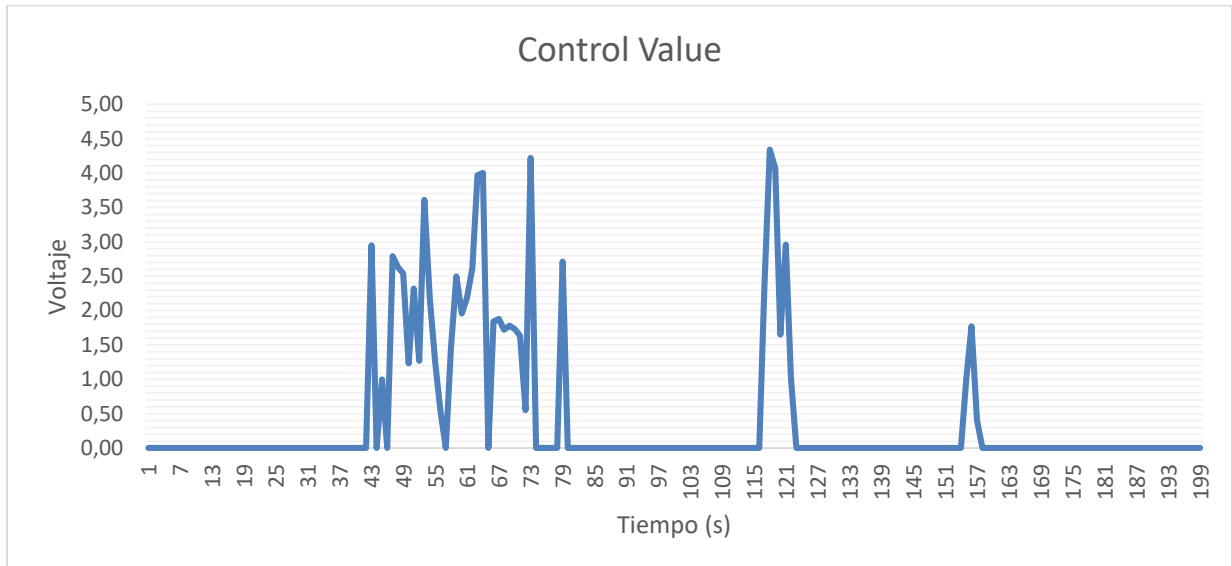


Figura 5.25. Señal pwm convertida en voltaje para la estimación de consumo.

Tabla 5.4. Estimación del consumo del sistema de calefacción.

Periodo 2		
Datos (c/30 s)	Datos (s)	Datos (min)
2878	86340	23.98
1-2878	86340	23.98
Consumo (KW)		
Tiempo (h)	Potencia (KW)	Consumo (KW/día)
24	0.216	5,184
Costo		
Consumo (KW/día)	Periodo 1 (días)	Consumo (KW/3 días)
5,184	3	15.55

Como resultado a una temperatura contante tenemos la siguiente grafica con el recipiente de cerveza ya ingresado dentro del fermentador con datos adquiridos durante 7 horas, y es similar al desarrollado anterior mente con a dos temperaturas.

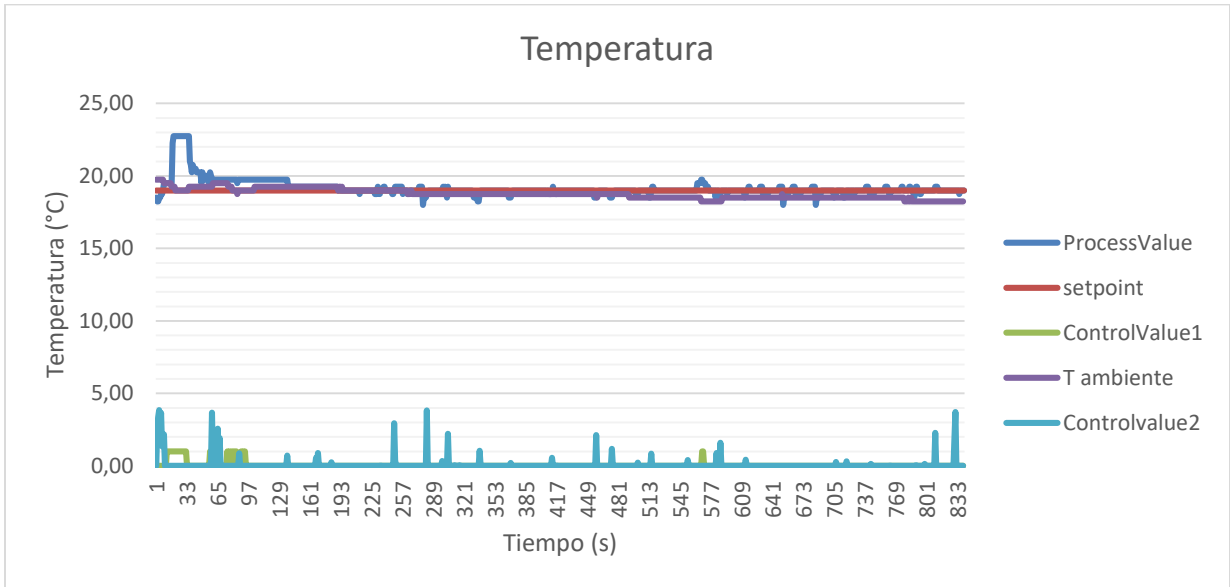


Figura 5.26. Comportamiento del sistema con cerveza tipo Ale.

Observamos también que se cumple el comportamiento de los sensores tanto del analógico, como el de controlador en el HMI y adicional el compartimiento de cerveza cuenta con su propio sensor de temperatura.

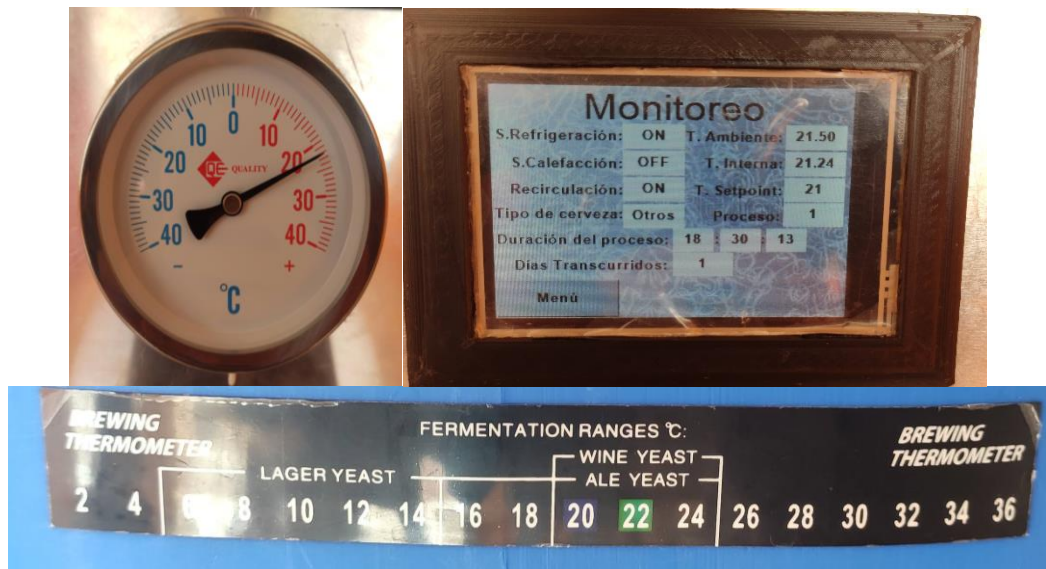


Figura 5.27. Control de temperaturas con los respectivos sensores.

Costos de trabajo

Se realizó el análisis de costos de trabajo teniendo en cuenta los días de prueba con los respectivos datos adquiridos teniendo el uso del sistema de calefacción y refrigeración por día, para el proceso de fermentación de cerveza tipo ale y lager, teniendo como resultado los siguientes datos.

Tabla 5.5. Cálculo de consumo en kW·h.

Consumo por día	Potencia (W)	Potencia (kW)	Cerveza tipo lager (kW·h)		Cerveza tipo ale (kW·h)	
S. Refrigeración	210	0.210	2h/d	0.420	1h/d	0.210
S. Calefacción	1440	1.440	1h/d	1.440	1h/d	1.440

Tabla 5.6. Costo del consumo de los tipos de fermentación.

Consumo total	kW·h	kW·h/mes	Costo kW·h/mes
Cerveza tipo lager	1.86	55.8	2.23 ctvs.
Cerveza tipo ale	1.65	49.5	1.98 ctvs.

Como se observa en la tabla 5.2. se calculó el costo de producción de manera sobredimensionado tomando como referencia el consumo diario durante los 30 días del mes pese a esto se obtuvo valores de dos dólares americanos aproximadamente, multiplicando el valor de la potencia con las horas trabajadas de cada sistema y para cada tipo de cerveza, tomando en cuenta que el costo del kW·h es \$0.04 ctvs. [51], llegando a los resultados pertinentes del consumo de energía por mes del sistema.

6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

6.1 PRESUPUESTO

Este proyecto se trabajó con un presupuesto definido por varios aspectos, como: materiales a usar, costos directos e indirectos, esto será detallado en forma de tablas con sus respectivas especificaciones.

Análisis de costo de materiales que se utilizara durante la elaboración del proyecto.

Tabla 6.1. Presupuesto sistema de refrigeración y calefacción.

Rubro	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Compresor (1/4+)	1	80.00	80.00
Condensador	1	70.00	70.00
Evaporador	1	75.00	75.00
Ventilador	1	15.00	15.00
Gas refrigerante HFC- 134a	1	15.00	15.00
Electro ventilador	2	11.00	22.00
Termo resistencias	4	20.00	80.00
Plancha de aluminio (1.5mm)	3	35.00	35.00
Plancha tipo san duche de poliuretano (8cm)	3	135.00	405.00
Conjunto de bisagras y cerradura	1	25.00	25.00
Angulo de aluminio pre pintado(1´)	4	5.00	20.00
Lata de pre-pintado blanco	2	50.00	100.00
Otros gastos	--	--	50
Total (\$)			992

Tabla 6.2. Presupuesto sistema de control.

Rubro	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total
Microchip ATmega 328P	1	11.00	11.00
Módulo lector de memorias micro SD	1	5.00	5.00
Módulo RTC DS3231	1	5.00	5.00
Controlador Elitech ECS- 961 NEO	2	70.00	140.00
Relé estado sólido 2a	1	7.99	7.99
Relé estado sólido 80a	1	21.86	21.86
Termocupla tipo k y módulo max 6675	2	9.09	18.18
Fuente de alimentación	1	30.00	30.00
Termómetro analógico(-40°C a 40°C)	1	30.00	30.00
Interruptores	2	3.00	6.00
Pantalla Nextion HMI 3.2”	1	45.00	45.00
Selector 2 posiciones	1	1.00	1.00

Contactores electromagnéticos 30a	2	7.00	14.00
Cable nN12	15	0.50	7.50
Lámpara LED	1	2.00	2.00
Terminales (tipo U, hembra)	20	0.10	2.00
Terminales de alta temperatura	9	0.60	5.40
Espagueti fibra de vidrio	3	1.00	3.00
Otros gastos	--	--	40.00
Total (\$)			394.93

Basándonos en el salario mínimo publicado el 1 de enero de 2020 siendo este de \$440,17, en conjunto con el código de trabajo el cual indica que se debe trabajar 40 horas durante la semana [52].

$$\# \text{Horas} = 40_{\text{por semana}} \cdot 4_{\text{semanas}} = 160_{\text{horas al mes}}$$

$$\text{Costos por hora} = \frac{440,17}{160} = \$2,75$$

Tabla 6.3. Presupuesto de gastos indirectos y profesionales.

Horas	Descripción	Valor por hora	Valor total
60	Diseño y programación del sistema de control de temperatura (PID)	\$2,75	\$165
20	Construcción del sistema de control de temperatura (PID)	\$2,75	\$55
60	Diseño sistema de refrigeración	\$2,75	\$165
40	Construcción sistema de refrigeración	\$2,75	\$110
300	Pruebas de laboratorio	\$2,75	\$825
TOTAL			\$1320

Una vez terminado el prototipo teniendo un correcto funcionamiento y tomando en cuenta horas de pruebas, horas trabajadas y corrección de errores, incluido los gastos incurridos en cada uno de estos aspectos, tendremos el valor total de \$ 2706,93 dólares americanos.

Teniendo como presupuesto de gastos indirectos \$ 1320 y en presupuesto de materiales tanto del sistema de refrigeración, calefacción y sistema de control un monto \$1386,93 dólares americanos.

6.2 ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.2.1 Impacto práctico

El control de temperatura presentado en el proceso de fermentación de cerveza artesanal, mediante la cámara sellada hecha de paneles tipo sandwich de poliuretano, ayudara a la preservación de calor y por ende al mejoramiento de control de temperatura, siendo este uno de los puntos esenciales dentro del proceso de fermentación, debido al cambio drástico de temperaturas presentadas en la ciudad de Latacunga variando desde 0°C hasta 20°C, teniendo en cuenta esto la principal consecuencia seria la calidad final de la cerveza debido a que en esta etapa es donde se definirá el sabor casi en su totalidad, teniendo un mejor control de temperatura incluido un registro y un fácil uso del mismo que ayudara a obtener mejores resultados y por ende mayor calidad en el producto final, con este control de igual manera ayudara a replicar los resultados, ya que previo al uso de este control se obtenía cierta variación entre lotes de cerveza principalmente por la temperatura durante esta etapa de fermentación.

6.2.2 Impacto tecnológico

Debido a la creciente industria cervecera siempre se mantendrá en constante mejoramiento como se pudo observar con el control de temperatura y su consecuente mejora del producto, esto gracias a la implementación del control PID y control On/Off, usando como base el microcontrolador ATmega328P y el sensor NTC, junto al HMI Nextion como interfaz de comunicación, ingreso y visualización de datos (interfaz humano-maquina), al igual que el control de variables como el Setpoint, visualización del process value, por ende se obtendrá un punto de vista y comparación sumamente claro, gracias a las gráficas y datos recopilados durante el proceso en tiempo real o con los datos almacenados en la micro SD, dando un respaldo solido de como sea comportado el sistema de control de temperatura, este sistema es empleado mediante resistencias caloríficas, las cuales se rigen al control PID, el mismo que utiliza el método de sintonización lambda, siendo este uno de los más utilizados en la industria, el cual es caracterizado por no tener sobre impulso, es decir que no genera picos de temperatura durante el cambio brusco de la misma, ayudando así a la fermentación y consecuentemente a la calidad del producto final.

6.2.3 Impacto epistemológico

Una vez desarrollado el proyecto tecnológico se obtienen conocimientos en el área de fermentación y control del proceso, en sistemas de temperatura siendo esta una de las variables más demorosas y tediosas al momento de controlarlas, el propósito principal de este proyecto es mejorar el proceso de fermentación, por ende, sus productos tendrán mejor calidad y de igual manera incentivar a la producción de diferentes productos en los que actúen un proceso de fermentación implementando su respectivo sistema de control.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Finalizado el proyecto se cumplió con el objetivo principal el cual comprendía en el diseño y construcción de un control automático de temperatura para una cámara de fermentación de cerveza artesanal a través de un controlador con la guía del proceso de fermentación, a su vez cumple con los parámetros planteados por el usuario.
- El control desarrollado en este proyecto se determina en base al proceso de fermentación, por ende, la comunicación entre controladores facilita la operación del proceso para realizar un mejor control y el poder replicarlo.
- Se desarrolló un manual de operación y mantenimiento que permitirá conocer todos los parámetros de funcionamiento del sistema de control y del proceso completo para su correcto manejo.
- En el sistema de calefacción el calentamiento en el proceso es por resistencias eléctricas de un total de 1.44 KW de potencia aprovechando el calor producido por el efecto Joule, permitiendo una respuesta rápida dentro del sistema, también el cual se encuentra sobre dimensionado y reduciendo el número de resistencias se podría reducir su costo de construcción ya que trabaja en un rendimiento como máximo de 1.2 KW correspondiente a un 83.33 % durante un periodo corto de 1 minuto por cada 30 minutos en el proceso de cerveza Ale.
- El control del sistema de fermentación se lo realizó en función de la variable temperatura es decir mediante esta señal se controla todo el proceso de calefacción o refrigeración, manteniendo una temperatura casi ideal para los procesos de fermentación mediante el control pid el cual ayudara a reducir el consumo de energía y por otro lado el sistema de

refrigeración es controlado mediante un control on-off ya que es el más común y está diseñado para este tipo de sistemas.

- Para un sistema de refrigeración no es recomendable dejar válvulas de servicio para recargar o medir la presión del gas debido a que puede existir fugas por el mismo debido al constante movimiento y así forzar a los diferentes equipos de refrigeración provocando que no funcionen de manera correcta en su conjunto.
- Las propiedades termodinámicas tanto del gas refrigerante como del sistema de refrigeración elegido sin duda son las más importantes al momento de dimensionar una cámara fermentadora por el hecho de trabajar con presión, estos parámetros generan un modelo adecuado y elegir los componentes de forma correcta.
- Se fabricó la caja de fermentación de acuerdo al material debido a que el panel tipo sánduche de poliuretano nos permiten aislarnos de la temperatura exterior de acuerdo al espesor seleccionado para el diseño y algunos materiales similares tanto de acero inoxidable, aluminio y cobre, se los fabrica con una cara de acero debido a sus elevados costos, a su vez no nos permite aislarnos con la temperatura ambiente generando pérdidas de energía calorífica o frigorífica.
- El refrigerante R-134^a es el más utilizado en refrigeración doméstica debido a sus características, pese a ser doméstico fue utilizado en este proyecto debido a sus beneficios tanto ecológicos como su estabilidad térmica y compatibilidad con los materiales del sistema.

7.2 RECOMENDACIONES

- Revisar el manual de operación y mantenimiento ya que las temperaturas establecidas por el usuario son específicas para dos tipos de cerveza dentro del menú para diseño del control automático, considerando el resto de funciones como el tiempo de duración del proceso en cada etapa la temperatura 1 y temperatura 2 debe ser seleccionado mediante la pantalla Nextion.
- En caso de fallas dentro del sistema verificar la pestaña monitoreo establecida dentro de la pantalla Nextion ya que ahí se puede observar cual sistema se encuentra encendido o alguna posible falla, también se puede verificar en la caja del controlador mediante leds establecidos correspondiente a cada sistema para esto es necesario revisar los anexos

del esquema eléctrico del controlador.

- Se sugiere realizar las pruebas necesarias con las válvulas de servicio para así verificar su correcto funcionamiento dentro del sistema de refrigeración una vez superada esta prueba sellar completamente sin válvulas de servicio en el sistema como viene de manera convencional en los refrigeradores domésticos.
- Después de 5 minutos de encendido la maquina procurar no tocar la caja de protección del sistema de calefacción sin guantes térmicos ya que se acumula el calor debido a su material de recubrimiento.
- Al tener fallas en el en cualquier sistema, de cualquier tipo dirigirse al manual en la sección de mantenimiento, analizando en el mismo los planos ya sean del circuito de control o de mando para el caso de ser fallas eléctricas.
- En caso de ocupar el control manual ya sea de refrigeración o calefacción es necesario seleccionar su modo de uso mediante los selectores según el manual de operatividad indica.
- Se recomienda realizar un análisis minucioso sobre la ubicación del compresor encima de la cámara de fermentación y sus posibles daños, con consideración de ubicarlo en un lugar bajo el nivel del evaporador.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. López, «Cerveza Casera,» *Victoria BC Trafford*, pp. 66-71, 2007.
- [2] M. Defernez, R. Foxall, C. O'Malley, G. Montague, S. Ring y E. Kemsley, «Modelling beer fermentation variability,» *Journal of Food Engineering*, vol. 83, nº 2, pp. 167-172, 2007.
- [3] W. Fred Ramirez y J. Maciejowski, «Optimal Beer Fermentation,» *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 113, nº 3, pp. 325-333, 2012.
- [4] M. Gisbert Verdu, «Diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza,» Universidad Politécnica de Valencia, Alcoy.
- [5] G. R. Merelo Espinar y J. G. Zuñiga Tapia, «Diseño y construcción de un equipo con adaptación de tecnología para la elaboración de cerveza artesanal,» Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2013.
- [6] G. García A, López Cruz, Martínez Romero y Ruiz García, «Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal,» *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. XV, nº 2, pp. 221-232, 2014.
- [7] J. A. Villas Boas Mello y J. L. Nogueira da Silva, «Requisitos de producto para un proyecto de cerveza artesanal,» *Innovar*, vol. XXX, nº 77, 2020.
- [8] I. Agostini Ferrero y E. Belloli, Universidad Nacional de Río Negro, San Carlos de Bariloche, 2019.
- [9] B. D. Y. Ohta, «Características de la malta de las variedades de sorgo vulgar de Ghana,» *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura*, vol. LIX, pp. 457-462, 1992.
- [10] C. y. Hall, «Cebada,» *Agricultura experimental*, vol. xv, pp. 203-204, 1979.
- [11] D. G.-A. MSc. Yanet Boffill-Rodríguez, «Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo,» *Tecnología Química*, pp. 266-274, 2014.
- [12] M. Suárez Díaz, «Cerveza: Componentes y Propiedades,» Universidad de Oviedo, Oviedo, 2013.
- [13] novozymes, «novozymes,» Enero 2017. [En línea]. Available: <https://gecorp.cl/panelAdmin/img/Productos/Documentos/TAG6V1kTi9u.pdf>. [Último acceso: 25 Julio 2021].
- [14] V. M. Faires y C. M. Simmang, *Termodinámica*, México: Limusa, 1993.
- [15] E. R. Pilaguano Orovio, «Diseño e implementación de un módulo didáctico con HMI para controlar el sistema de refrigeración en el laboratorio de aire acondicionado en la universidad técnica de Cotopaxi extensión La Mana,» Universidad Técnica de Cotopaxi, La Mana, 2016.
- [16] A. G. Chancusig Casa y D. X. Herrera Maldonado, «Diseño e implementación de un sistema automático para reducir el tiempo de enfriamiento en la línea de producción del chocolate en la micro-empresa de los hermanos Monje ubicados en el cantón Pujilí en el periodo 2014-2015,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2015.



- [17] F. Kreith, R. Manglik y M. Bohn, Transferencia de calor, Singapur: CENGAGE Learning, 2012.
- [18] A. Hermosa Donante, *Electronica Digital*, Barcelona: marcombo, 2011.
- [19] J. N. C. W. T. C. Maurício S. Almeida, «Construcción de un modelo de sistema solar con control de temperatura para estudiantes con discapacidad visual,» *Revista Brasileña de Educación Física*, nº 42, 2020.
- [20] P. J. Jiménez-Ceciliano1, «Conceptos de controladores PID,» *Tecnología en Marcha*, , pp. 31-40, 2014.
- [21] S. Atıç y İ. Kaya, «Locus límite de estabilidad generalizada para el diseño del controlador PI para controlar procesos de integración con tiempo muerto,» *Conferencia Internacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de 2017 (ELECO)*, nº 10, p. 817–822, 2017.
- [22] J. A. Henriquez Novoa y W. J. Martinez Rodriguez , «Identificación y sintonización de controladores PID para procesos de integración.,» Universidad de la Costa -CUC, BARRANQUILLA, 2019.
- [23] E. Pruna, E. R. Sasig y S. Mullo, «Herramienta de ajuste del controlador PI y PID basada en el método lambda,» de *Congreso CHILENO de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CHILECON)*, Pucón, Chile, 2017.
- [24] M. D. Yarce, J. Marulanda Durango2 y A. Escobar Mejía3 , «Estudio comparativo de técnicas PWM de banda de histéresis para el control de corriente en filtros activos de potencia paralelos,» *TecnoLógicas*, vol. XXI, nº 43, 2018.
- [25] C. O. Alcaciega Siza y D. A. Simba Lema, «Diseño de un modulo didactico para sistemas de control en el laboratorio de ingenieria electromecanica de la universidad tecnica de Cotopaxi,» Universidad Tecnica de Cotopaxi, Latacunga , 2020.
- [26] O. t. Sapiensman., «Modos de control de controladores industriales,» [En línea]. Available: http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/instrumentacion_industrial4.php.
- [27] J. I. Palomeque Guerra y D. S. Lozada Lopez , «Diseño e implementacion de un sistema de adquisicion de datos usando el kit de sensores sunfounder y arguino con interfase grafica desarrillanda en labview,» Universidad Politecnica Salesiana , Guayaquil , 2018.
- [28] W. A. Quinatoa Quinatoa y O. B. Velasco Panchi, CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi , 2020.
- [29] Metecno de Colombia S.A. , «Manual de instalacion,» Metecno de Colombia S.A. , Bogota, 2005.
- [30] L. C. Olazabal Garcia, «Evaluación de un proceso constructivo implementando paneles con poliuretano paraviviendas temporales en el distrito de Chicla-Lima,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2019.
- [31] F. G. Astudillo Peña, «Diseño y simulacion de un control automatico para una camara de fermentacion de pan por medio de un automata programable,» Escuela Politecnica



- Nacional , Quito , 2010.
- [32] G. R. Merelo Espinar y J. G. Zuñiga Tapia, «Diseño y construcción de un equipo con adaptación de tecnología para elaboración de cerveza artesanal,» Universidad de Guayaquil , Guayaquil , 2013.
- [33] P. H. Delgado Espinosa, «Implementación y desarrollo de práctica de automatización a través de un módulo didáctico con el PLC simatic S7-1200 para controlar los sistemas de refrigeración y aire acondicionado,» Universidad Técnica de Cotopaxi , La Mana , 2017.
- [34] L. E. Buenaño Sánchez y M. R. Esparza Montero, «Diseño y construcción de un sistema de refrigeración de conservación para laboratorio,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2010.
- [35] motech, «Refrigeración partes y equipos».
- [36] CLIMALIFE , «R-134a,» dehon service SA.
- [37] P. Mafart, Ingeniería industrial alimentaria, Zaragoza: Acribia , 1994.
- [38] A. Pelaez , Técnicas del automóvil, España, 2004.
- [39] R. J. Dossat, Principios de refrigeración, México : Continental S.A., 1998.
- [40] M. E. Fiallos Santamaria, «Implementación de un banco didáctico para el estudio y funcionamiento del aire acondicionado del Hyundai accent para la escuela de ingeniería automotriz,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , Riobamba , 2014.
- [41] Temas para la Educación , «Proceso de soldadura,» *Federación de enseñanza de C.C.O.O. de Andalucía* , nº 6, 2010.
- [42] G. F. Hidalgo, «Aplicación de válvulas de desahogo y seguridad, mediante su operación, instalación y mantenimiento, para evitar sobre presión en las líneas de recepción y despacho de combustible de petrocomercial,» Universidad Tecnológica Equinoccial , Quito , 2010.
- [43] O. D. Villasana Villagomez, «Diseño de un condensador de coraza y tubos,» Instituto Politécnico Nacional , México , 2010.
- [44] D. . M. Paez Chacha , «Construcción de un reservorio y calentador de agua en la planta alta de un domicilio para el suministro de agua temperada hacia un conjunto de tres lavadoras de ropa semi industriales, controlado automáticamente mediante pids,» Escuela Politécnica Nacional , Quito , 2012.
- [45] ATMEL, «Microchip,» 01 2015. [En línea]. Available: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf. [Último acceso: 26 06 2021].
- [46] Elitech, «Elitech ECS - 961NEO,» Elitech, Rio Grande do Sul.
- [47] L. A. Gualpa Tasinchana y C. O. Tenemaza Guanga, «Construcción de una electrolinera para vehículos eléctricos de carga domiciliaria lenta,» Universidad Técnica de Cotopaxi , Latacunga , 2020.
- [48] L. D. Buesaquillo Imbaquingo , «Sistema de control para mejorar el desempeño de una máquina tostadora de café,» Universidad Técnica del Norte , Ibarra, 2019.
- [49] M. J. Avila Chisaguano , «Diseño y construcción de un prototipo de rele de estado sólido



microcontrolado supervisor de voltaje trifasico para proteccion de cargas electricas de baja potencia,» Escuela Politecnica Nacional , Quito , 2005.

- [50] Matlab, *Calculo de la funcion de transferencia*, MathWorks Inc., 2017.
- [51] ELEPCO.SA, «ELEPCO.SA,» ELEPCO.SA, 17 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://elepcosa.com.ec/las-tarifas-electricas-se-mantienen-durante-la-emergencia-sanitaria/>. [Último acceso: 15 Julio 2021].
- [52] REPUBLICA DEL ECUADOR MINISTERIO DEL TRABAJO , «ACUERDO MINISTERIAL Nro. MDT-2020-249,» MINISTRO DEL TRABAJO, Quito, 2020.
- [53] Y. A. Cengel y M. A. Boles, *Termodinamica*, Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, 2014.
- [54] MAXIM, *Convertidor de termopar a digital (MAX 6675)*, Maxim integrated products, 2002.
- [55] C. Rubio Ramírez, G. Martheyn Lizarazo y E. Vera Duarte, «Termoelectricidad: uso de las celdas peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones,» *INVENTUM*, vol. XII, n° 22, 2017.
- [56] R. S. PROAÑO CARRIÓN y E. F. ROJAS GUAMBIANGO, «“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEREFRIGERACION PARA PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI,» Universidad Tecnica de Cotopaxi, Latacunga, 2012.

9 ANEXO

ANEXO A		Tipo de levadura y sus características		
Tabla A. Tipo de levadura y sus características				
Levadura	Tipo de cerveza	Características	Aroma	Técnico
<i>ref.n092</i> Levadura B23 Steam Lager	Cervezas híbridas afrutadas y tradicionales como la California Common o Lagers.	Puede fermentar tanto en frío como en caliente.	Ésteres afrutados.	Rango óptimo de temperaturas 13-20°C. Ideal 16°C. Grado de floculación/sedimentación alta. Atenuación 75-80%.
<i>ref.n086</i> Levadura B34 German Lager	Tradicionales Pils alemanas o cualquier otra cerveza de estilo alemán como la Kellerbier, que son cervezas turbias sin filtrar.	Cervezas turbias sin filtrar.	Buen equilibrio entre frutal y afrutado.	Rango óptimo de temperaturas 9-14°C. Ideal 12°C. Grado de floculación/sedimentación alta. Atenuación 75-80%.
<i>ref.n087</i> Levadura B38 Amber Lager	Lagers, Helles o las Bock.	Cervezas con más maltosidad como las Lager.	Saca la dulzura de la malta y crea una cerveza con más cuerpo.	Rango óptimo de temperaturas 9-14°C. Ideal 12°C. Grado de floculación/sedimentación alto. Atenuación 70-75%.
<i>ref.n076</i> Levadura B4 English Ale	Clásica Ale, Porters, Bitters, Mild y Brown Ale.	Cepa Ale Inglesa.	Potencia el sabor de los toques afrutados. Lúpulos a la vez que genera	Rango óptimo de temperaturas 16-21°C. Ideal 18°C. Grado de floculación/sedimentación alta. Atenuación 60-70%.
<i>ref.n085</i> Levadura B44 European Ale	Kölsch, Altbier Alemanas, Ale Escocesas, Imperial Stout.	Elaborar cervezas de fermentación alta. Cervezas con alta graduación alcohólica.	Buen equilibrio entre sabores de malta y lúpulo.	Rango óptimo de temperaturas 15-21°C. Ideal 18°C. Grado de floculación/sedimentación alto. Atenuación 70-75%.
<i>ref.n088</i> Levadura B5 American West	IPA, American Pale Ale, Doble IPA'S	Elaborar cervezas con un perfil de lúpulo marcado	Lúpulo	Rango óptimo de temperaturas 16-21°C. Ideal 18°C. Grado de floculación/sedimentación media. Atenuación 70-75%.
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
	Abril 2021 – Agosto 2021			

ANEXO B	Propiedades Físico-Químicas del R134a		
Tabla B. Propiedades Físico-Químicas del R134a [36]			
Peso molecular	g/mol	102,03	
Punto de fusión	°C	- 103,3	
Punto de ebullición (en 1,013 bar)	°C	- 26,08	
Densidad del vapor en el punto de ebullición	kg/m ³	5,257	
Presión de vapor a: 25°C 50°C	bar	6,654 13,18	
Temperatura crítica	°C	101,06	
Presión crítica	bar	40,59	
Densidad crítica	kg/m ³	512	
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición	kJ/kg	217	
Presión superficial a 25°C	103 N/m	8,08	
Solubilidad a 25°C del refrigerante en agua a 1,013 bar del agua en el refrigerante	% peso	0,09 0,097	
Viscosidad a 25°C Líquido Vapor a 1,013 bar	103 Pa-s	0,198 0,012	
Conductividad térmica a 25°C Líquido Vapor a 1,013 bar	W/(m. °C)	0,08113 0,01339	
Calor específico a 25°C -Líquido -Vapor a 1,013 bar	kJ/ (kg. K) kJ/(kg.K)	1,425 0,8512	
Radio Cap/Cv a 25°C en 1,013 bar		1,119	
Inflamabilidad en el aire		No inflamable	
Punto de inflamación		Ninguno	
Clasificación NF-EN 378		L1	
ODP		0	
PCA	(CO ₂ = 1)	1430	
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Abril 2021 – Agosto 2021		

ANEXO C	Datos de operación del compresor						
Tabla C.1. Datos de operación del compresor							
Aplicación	LBP						
Refrigerante	R134a						
Expansión	Tuvo capilar						
Rango de temperatura de evaporación	-35°C a -10°C						
Máximo de ambiente temperatura	43°C						
Máximo temperatura de descarga	120°C						
Máximo pico de temperatura de descarga	135°C						
Máximo temperatura de condensación	70°C						
Max impurezas	30mg						
Máximo contenido de agua	100mg						
 Factor de refrigerante y Factor de altura							
Tabla C.2. Factor de refrigerante y Factor de altura [53]							
Altitud (m)	0	400	800	1200	1600	2000	2400
Fa	1	1.03	1.06	1.09	1.12	1.16	1.20
Refrigerante	R-404A		R-22		R-134a		
Fr	1		1.04		1.07		
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI						
Abril 2021 – Agosto 2021							

ANEXO D	Convertidor de termopar a digital (MAX 6675)
----------------	---

Tabla D. Características eléctricas. MAX 6675 [54]

PARAMETETROS	SYMBOLO	CONDICIONES	MIN	TYP	MAX	UNIDADES
Error de temperatura		THERMOCOUPLE = +700°C, TA = +25°C (Note 2)	VCC = +3.3V	-5	+5	LSB
			VCC = +5V	-6	+6	
		THERMOCOUPLE = 0°C to +700°C, TA = +25°C (Note 2)	VCC = +3.3V	-8	+8	
			VCC = +5V	-9	+9	
		THERMOCOUPLE = +700°C to +1000°C, TA = +25°C (Note 2)	VCC = +3.3V	-17	+17	
			VCC = +5V	-19	+19	
Conversión de constantes de termopares			10.25			μV/LSB
Unión en frío Error de compensación		TA = -20°C to +85°C (Note 2)	VCC = +3.3V	-3.0	+3.0	°C
			VCC = +5V	-3.0	+3.0	
Resolución			0.25			°C
Entrada de termopar impedancia			60			kΩ
Tensión de alimentación	VCC		3.0		5.5	V
Corriente de alimentación	ICC			0.7	1.5	mA
Umbral de restablecimiento del encendido		VCC creciente	1	2	2.5	V
Histéresis de reinicio de energía				50		mV
Tiempo de conversión		(Note 2)	0.17	0.22		s

INTERFAS DE SERIE



Tensión baja de entrada	VIL			0.3 x VCC		V
Entrada de alto voltaje	VIH		0.7 x VCC			V
Corriente de fuga de entrada	ILEAK	VIN = GND o VCC		±5		μA
Capacidad de entrada	CIN			5		pF



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Abril 2021 – Agosto 2021



ANEXO E	Tabla comparativa y de datos			
Tabla E.1. Tabla comparativa temperatura tiempo				
Temperatura (°C)			Tiempo transcurrido (minutos)	
Inicial	Final			
Valores sin sintonización				
15	30		7	
28	15		30	
Valores con sintonización				
28	0		30	
0	30		20	
Tabla E.2. Propiedades de los materiales usados				
Material	Masa $m = kg$	Calor específico $C_p = \frac{J}{kg \cdot K}$	Conductividad térmica $k = \frac{W}{m \cdot K}$	Densidad $\rho = \frac{kg}{m^3}$
Poliuretano	--	1674	0.020	40
Aire	0.608	1.009	0.026	1.2
Polipropileno	1.16	1800	0.16	0.85
Mosto	60.6	3768.3	--	--
Acero	15.0092	473	45-58	7850
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
	Abril 2021 – Agosto 2021			

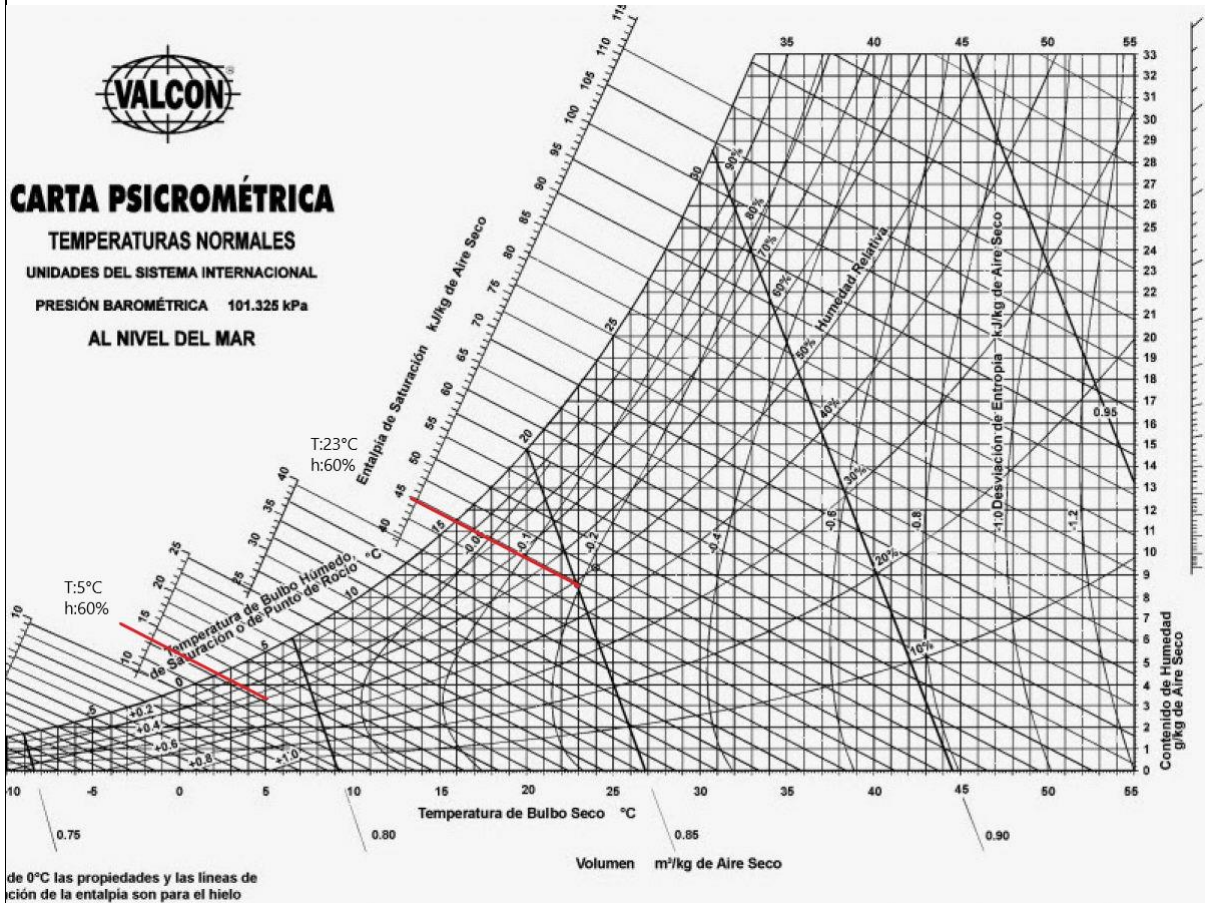


Figura F. Carta psicrométrica



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
 COTOPAXI

Abril 2021 – Agosto 2021



ANEXO G	Análisis de la cámara térmica	
---------	-------------------------------	--



Figura G.1.Perdidas de calor halladas en la parte inferior de la puerta



Figura G.2.Parte frontal de la cámara de refrigeración



Figura G.3. Vista lateral de la cámara de fermentación

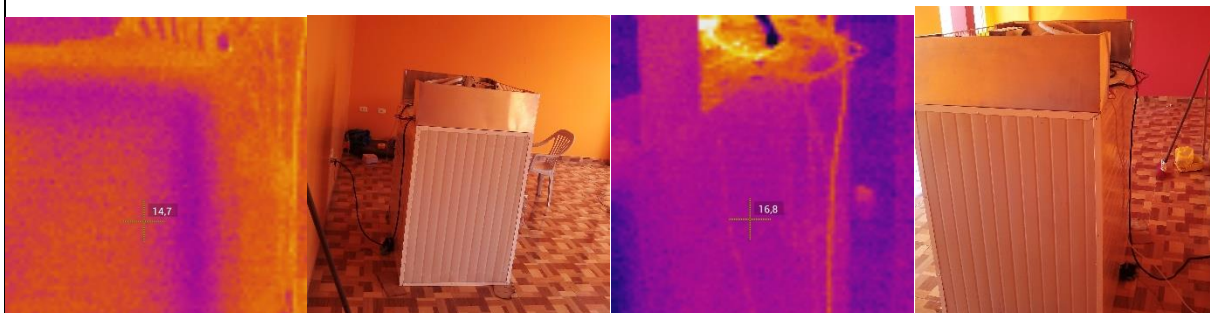


Figura G.4. Vista de los costados de la cámara



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Abril 2021 – Agosto 2021



ANEXO H	Programación	
<pre> // VARIABLE char PARA REGISTRAR EL DIA EN LA SDCARD. File myFile; char DiaSemana[][4] = {"Dom", "Lun", "Mar", "Mie", "Jue", "Vie", "Sab" }; // CONFIGURACION DE LOS PINES UTILIZADOS PARA LA COMUNICACIÓN CON EL MAX6675 #define CONFIG_TCCK_PIN 2 #define CONFIG_TCCS_PIN 3 #define CONFIG_TCSO_PIN 4 //OBJETO UTILIZADO PARA LA COMUNICACION CON EL MAX6675 MAX6675 thermocouple(CONFIG_TCCK_PIN,CONFIG_TCCS_PIN,CONFIG_TCSO_PIN); int pinCS = 10; // Pin 10 on Arduino Uno int inicio=1; int contador =0; // -----FILTRO PASA ABAJOPARA SEÑAL SENSORES----- // FILTRO 2 TERMISTOR TERMOCUPLA // float Y2= 0.0; // float alpha2=0.05; // float Filtro2 = Y2; // // FILTRO 3 voltímetro // float Y3= 0.0; // float alpha3=0.05; // float Filtro3 = Y3; // float pwm_v; float promedio_sensores; // ----- Variable setpoint----- int setPoint; //----- // Asignaciones pins const int PIN_voltimetro = A1; // TERMISTOR NTC </pre>		


```

const int PIN_OUTPUT = 5; // SALIDA RESISTENCIAS
int PIN_COMPRESOR = 6; // SALIDA COMPRESOR
//-----PID-----
//PID constantes
double kp=0.186618639984673, ki=0.015340300296754, kd=0; // constantes de
sintonizacion.
//VARIABLES PARA CALCULAR EL PID
unsigned long currentTime, previousTime;
double elapsedTime;
double error;
double lastError;
double processValue, output, setPoint_Fahrenheit;
double cumError, rateError;
int control;
int control_COMPRESOR;
//-----Medir segundos-----
unsigned long tiempo1 = 0;
unsigned long tiempo2 = 0;
unsigned long tiempoSegundos = 0;
//-----Retardo registrador-----
unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 10000;


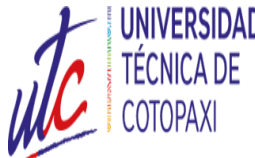
```







UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Abril 2021 – Agosto 2021







ANEXO I	Programación	
<pre> void setup () { Serial.begin(9600); // inicializa comunicacion serie a 9600 bps pinMode(pinCS, OUTPUT); // Declara al pin como salida en este caso el pin CS del lectorSD. pinMode(PIN_voltimetro,INPUT); //Declara al pin como entrada para leer el PWM pinMode(PIN_OUTPUT,OUTPUT); //Declara al pin como salida de las resistencias PWM pinMode(PIN_COMPRESOR,OUTPUT); //Declara al pin como salida del compresor digitalWrite(PIN_COMPRESOR,HIGH); //Declara encendido el compresor ya que su función es contraria ya que enciende con el pin negativo. // SD CARD INICIALIZA TODO EL PROCESO DE RECONOCIMIENTO DEL LECTOR DE LA MICRO SD CARD if (SD.begin()) { // IMPRIMR MENSAJE INICIAL AL TERMINAL SERIAL Serial.println("SD card Lista para usar."); } else { Serial.println("SD card Falla al iniciar"); return; } delay(500); // ESPERAR A QUE SE ESTABILICE LA ENERGIA rtc.begin(); // LA LINEA FIJA LA FECHA, HORA Y DIA DE LA SEMANA. tiempo1 = millis(); // GUARDA EL VALOR DE TIEMPO REAL Serial.println("inicializando..... "); } </pre>		
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Abril 2021 – Agosto 2021	



ANEXO J	Programación	
<pre> void loop () { // FUNCIONES PARA DISTINTOS PROCESOS Fijar_Setpoint(); Sensor_mas_filtro(); // GUARDA LAS VARIABLES TIEMPO ACTUALES tiempo2 = millis(); unsigned long currentMillis = millis(); if (currentMillis - previousMillis >= interval) { // UNA VEZ TRANSCURRIDO EL //TIEMPO EJECUTA TODO LO QUE TIENE DENTRO UNA SOLA VEZ. previousMillis = currentMillis; RTC_Fyle(); // GUARDA LOS DATOS EN EL ARCHIVO TXT Serial.println("-----Dato registrado"); // SI CUMPLE UNA ACCION SE EJECUTA LO QUE LLEVA DENTRO DE LA //CONDICION. if (Filtro2 > (setPoint+0.5)){ //delay (10); digitalWrite(PIN_COMPRESOR,LOW); // apaga el pin CONFIGURACION NEGATIVA CON LOS RELES DE ESTADO SOLIDO control=HIGH; analogWrite(PIN_OUTPUT, 0); //controlar las resistencias en función del valor PID } if (Filtro2 <= (setPoint)) { digitalWrite(PIN_COMPRESOR,HIGH); // apaga el pin CONFIGURACION NEGATIVA CON LOS RELES DE ESTADO SOLIDO control=LOW; } if (Filtro2 >= (setPoint-1)){ analogWrite(PIN_OUTPUT, 0); //controlar las resistencias en función del valor PID //control=HIGH; } if (Filtro2 <= 0){ analogWrite(PIN_OUTPUT, 0); //controlar las resistencias en función del valor PID //control=HIGH; } if (Filtro2 <= (setPoint-1)){ Control_pid(); } } if (tiempo2 > (tiempo1+10000)){//Si ha pasado 30 segundo ejecuta el IF tiempoSegundos = tiempo1/1000; serial_puerto(); } delay(10); // Tiempo de ejecución del código de 1 s } </pre>		
	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p>Abril 2021 – Agosto 2021</p>	



ANEXO K	Programación	
<pre> void Fijar_Setpoint() // INGRESAMOS EL VALOR DE LA TEMPERATURA CON LA QUE //SE VA TRABAJAR. { //-----SETPOINT----- setPoint =0; //Setpoint } void Sensor_mas_filtro() // LEEMOS EL SENSOR Y FILTRAMOS SU SEÑAL { //-----TERMOCUPLA----- Y2 = ((float)thermocouple.readCelsius())-1.5; // CENTIGRADOS Filtro2=((alpha2*Y2)+((1-alpha2)*Filtro2)); // TERMOCUPLA //----- Y3 = analogRead(PIN_voltmetro)*5/1023; Filtro3=((alpha3*Y3)+((1-alpha3)*Filtro3)); // voltaje del control pid de 0 a 5v pwm_v=Filtro3; //PWM en voltios señal de control } void RTC_Fyle() { rtc.convertTemperature(); //convierte el registro de la temperatura myFile = SD.open("Datos.txt", FILE_WRITE); if (myFile) { DateTime now = rtc.now(); myFile.print(now.year(), DEC); myFile.print('/'); myFile.print(now.month(), DEC); myFile.print('/'); myFile.print(now.date(), DEC); myFile.print(' '); myFile.print(","); myFile.print(now.hour(), DEC); myFile.print(':'); myFile.print(now.minute(), DEC); myFile.print(':'); myFile.print(now.second(), DEC); myFile.print(' '); myFile.print(","); myFile.print(DiaSemana[now.dayOfWeek()]); myFile.print(' '); myFile.print(","); myFile.print(rtc.getTemperature()); //Escribe la temperatura de la RTC myFile.print(' '); myFile.print(","); myFile.print(setPoint); myFile.print(' '); myFile.print(","); myFile.print(Filtro2); // valor del sensor myFile.print(' '); myFile.print(","); myFile.print(Filtro3); //voltaje 0 a 5 señal PWM myFile.print(' '); myFile.print(","); myFile.println(control); // encendido y apagado del //compresor myFile.close(); // close the file } else { Serial.println("error al abrir archivo.txt"); } } </pre>		
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Abril 2021 – Agosto 2021	


ANEXO L	Programación	
<pre> double computePID(double inp){ currentTime = millis(); // obtener la hora actual en S transcurridos elapsedTime = (double)(currentTime - previousTime); // calcula el tiempo transcurrido desde el cálculo anterior error = setPoint - inp; // determina el error cumError += error * elapsedTime; // calcular integral rateError = (error - lastError)/elapsedTime; // calcular derivada double out = kp*error + ki*cumError + kd*rateError; // Salida PID lastError = error; // recuerda el error actual previousTime = currentTime; // recuerda la hora actual //delay(500); return out; //Reinicia o retorna a la salida del PID output } </pre>		
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Abril 2021 – Agosto 2021	

ANEXO M	Programación	
<pre> void Control_pid() { //-----Salida del PID----- output = computePID(Filtro2); analogWrite(PIN_OUTPUT, output); //controlar las resistencias en función del valor PID } </pre> <p>Como última función serial_puerto(), tenemos a la encargada de enviar datos mediante vía serial para generar una pantalla de visualización con el software de programación.</p> <pre> void serial_puerto() { //----- IMPRIMIR LA TEMPERATURA EN LA TERMINAL SERIAL Serial.print("TERMOCUPLA:"); Serial.print(Filtro2); //Escribe la temperatura de la termo cupla Serial.print(","); Serial.print("setPoint:"); Serial.print(setPoint); // valor del setpoint Serial.print(","); Serial.print("PWM: "); Serial.print(pwm_v); // valor del PWM de control de las resistencias Serial.print(","); Serial.print("CV:"); Serial.println(control); // valor del control del compresor } </pre>		
	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p>Abril 2021 – Agosto 2021</p>	

ANEXO N	Programación	
	<pre> #include <doxygen.h> #include <NexButton.h> #include <NexCheckbox.h> #include <NexConfig.h> #include <NexCrop.h> #include <NexDualStateButton.h> #include <NexGauge.h> #include <NexGpio.h> #include <NexHardware.h> #include <NexHotspot.h> #include <NexNumber.h> #include <NexObject.h> #include <NexPage.h> #include <NexPicture.h> #include <NexProgressBar.h> #include <NexRadio.h> #include <NexRtc.h> #include <NexScrolltext.h> #include <NexSlider.h> #include <NexText.h> #include <NexTimer.h> #include <Nexion.h> #include <NexTouch.h> #include <NexUpload.h> #include <NexVariable.h> #include <NexWaveform.h> #include "Nexion.h" #include <PID_v1.h> #include <NexWaveform.h> #include "max6675.h" </pre>	
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Abril 2021 – Agosto 2021	

ANEXO O	Programación	
	<pre>// CONFIGURACION DE LOS PINES UTILIZADOS PARA LA COMUNICACIÓN CON EL MAX6675 #define CONFIG_TCSCK_PIN 2 #define CONFIG_TCCS_PIN 3 #define CONFIG_TCSO_PIN 4 // FILTRO 2 TERMISTOR TERMOCUPLA // float Y2= 0.0; // float alpha2=0.05; // float Filtro2 = Y2; #define RESISTENCIAS 6 #define COMPRSOR 5 uint32_t tp0; uint32_t tp1; float temp=0; int setp=5; void nsetpPopCallback(void *prt); // FUNCION PARA DEFINIR LA LOCALIZACION DE LOS ELEMENTOS DE LA INTERFAZ. NexWaveform sgrafic = NexWaveform(0,1,"sgrafic"); //GRAFICA DEL PROCESO NexText ntemp1=NexText(0,17,"ntemp1"); NexText ntemp2=NexText(0,18,"ntemp2"); NexText nsetp=NexText(0,7,"nsetp"); NexButton b0 = NexButton(0,15,"b0") ;//iniciar grafica e incrementar el setpoint NexButton b1 = NexButton(0,16,"b1") ;//INICIAR GRAFICA y decrementar el setpoint char buffer[100]={0}; // almacenamos las variables recibidas y enviadas por la pantalla Nextion.</pre>	
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Abril 2021 – Agosto 2021	

ANEXO P	Programación	
<pre> void setup() { nexusInit(); b1.attachPop(incrementar_setpoint, &b1); b0.attachPop(decrementar_setpoint, &b0); Serial.begin(9600); pinMode(RESISTENCIAS,OUTPUT); pinMode(COMPRESOR,OUTPUT); } void loop () { nexusLoop(nexus_listen_list); if(millis()-tp1>1000){ tp1 = millis(); memset(buffer,0,sizeof(buffer)); itoa(setp,buffer,10); nsetp.setText(buffer); memset(buffer,0,sizeof(buffer)); itoa(t1,buffer,10); ntemp1.setText(buffer); memset(buffer,0,sizeof(buffer)); itoa(t2,buffer,10); ntemp2.setText(buffer); sgrafic.addValue(0,(map(temp,-5,40,0,165))); // 0 min - 165 max sgrafic.addValue(1,(map(setp,-5,40,0,165))); Serial.println("ACTIVAR"); } </pre>		
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Abril 2021 – Agosto 2021	

ANEXO Q	Programación	
<pre> void incrementar_setpoint(){ uint16_t len; uint16_t number; memset(buffer,0,sizeof(buffer)); nsetp.getText(buffer,sizeof(buffer)); setp=atoi(buffer); setp++; memset(buffer,0,sizeof(buffer)); itoa(setp,buffer,10); nsetp.setText(buffer); } void decrementar_setpoint(){ uint16_t len; uint16_t number; memset(buffer,0,sizeof(buffer)); nsetp.getText(buffer,sizeof(buffer)); setp=atoi(buffer); setp--; memset(buffer,0,sizeof(buffer)); itoa(setp,buffer,10); nsetp.setText(buffer); } </pre>		
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Abril 2021 – Agosto 2021	

ANEXO R

Esquemático de conexiones del controlador

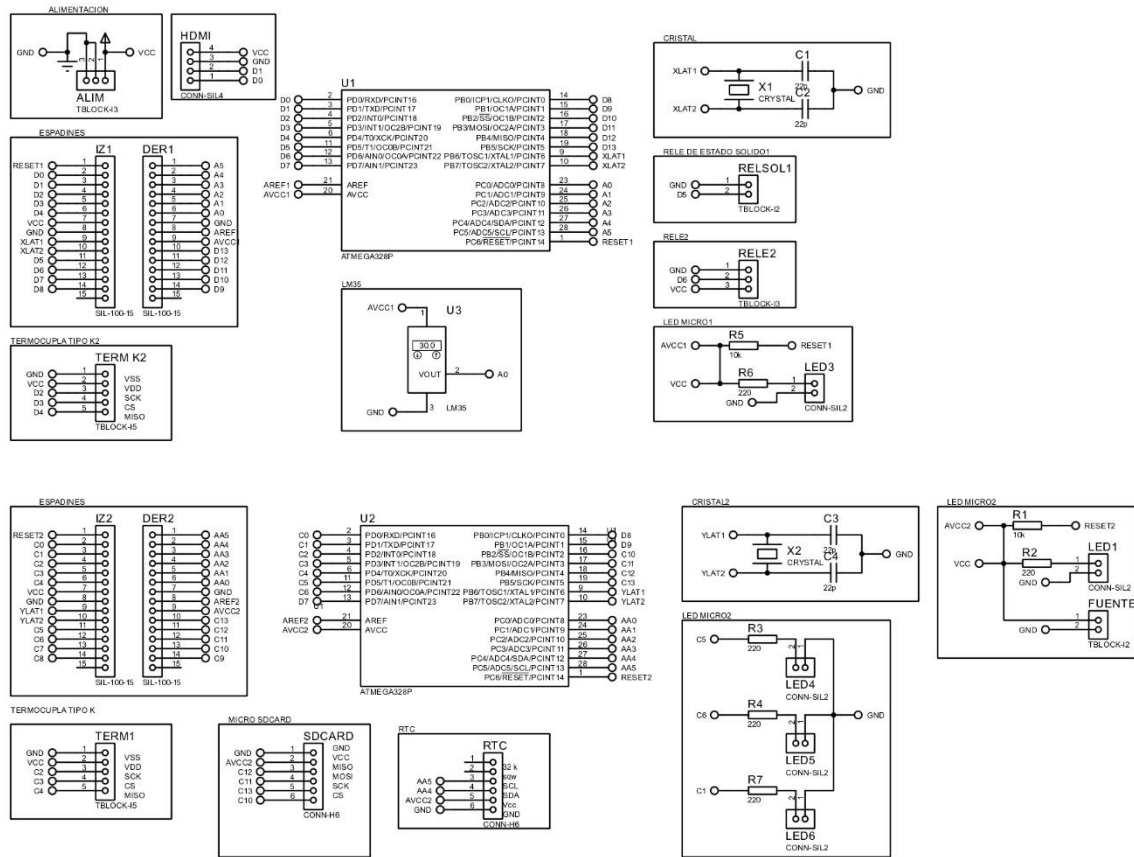


Figura R.1. Esquemático de conexiones del controlador



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Abril 2021 – Agosto 2021



ANEXO S	Diseño de la PCB del controlador 2 caras	
---------	--	--

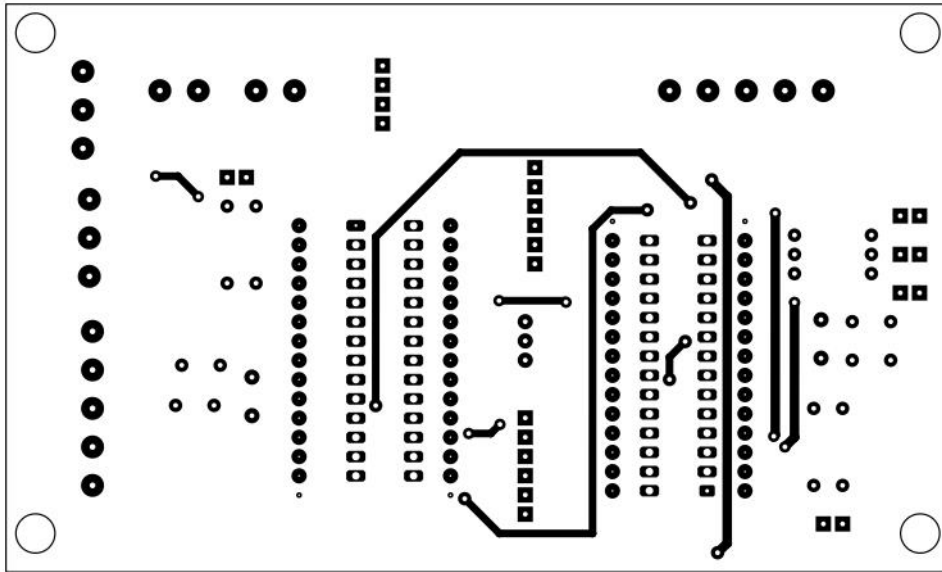


Figura S.1. Diseño de la PCB del controlador cara superior

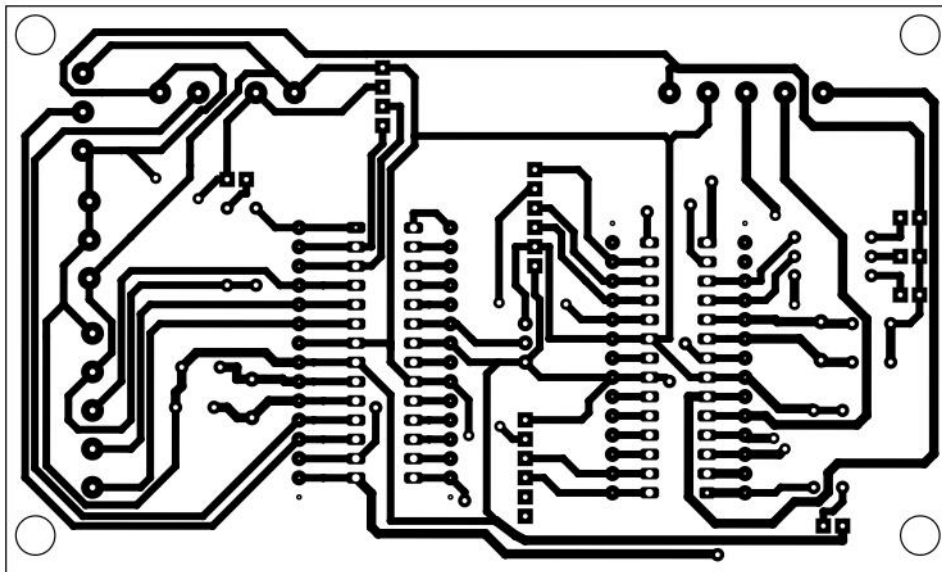




Figura S.2. Diseño de la PCB del controlador cara Posterior

	<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p align="center">Abril 2021 – Agosto 2021</p>	
---	--	---

ANEXO T	Diseño de la PCB del controlador en 3D	
---------	--	--

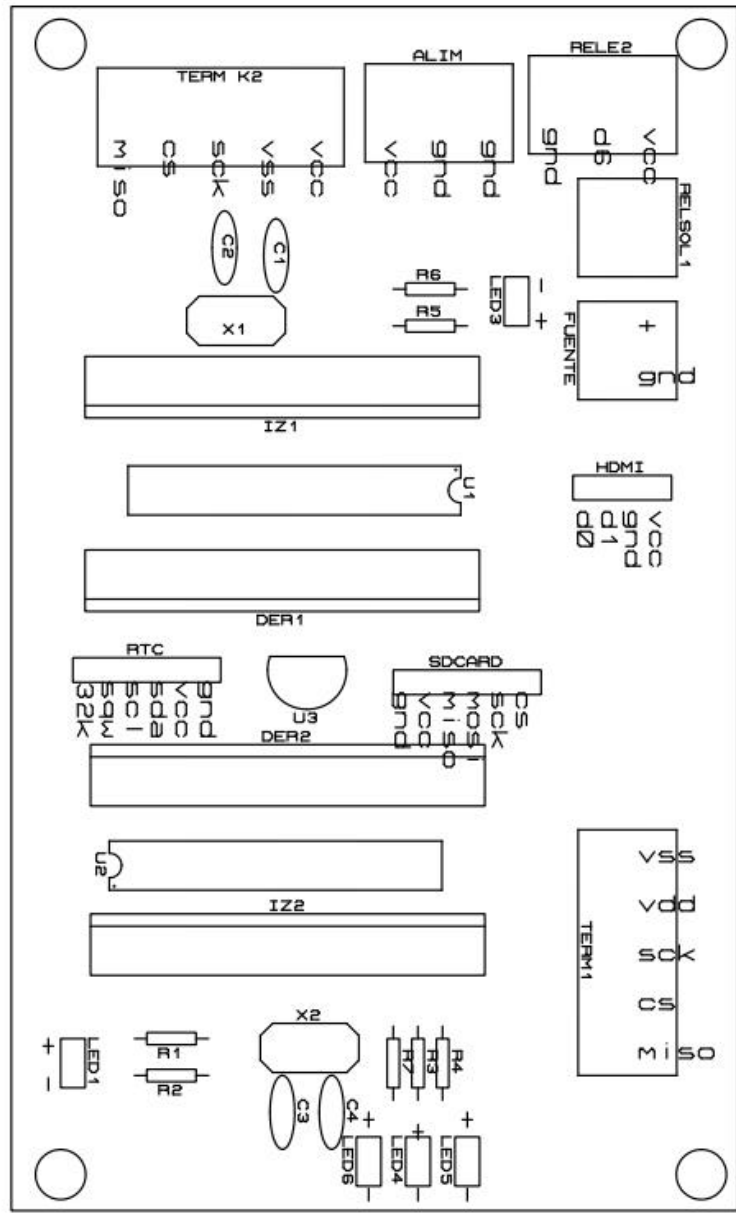
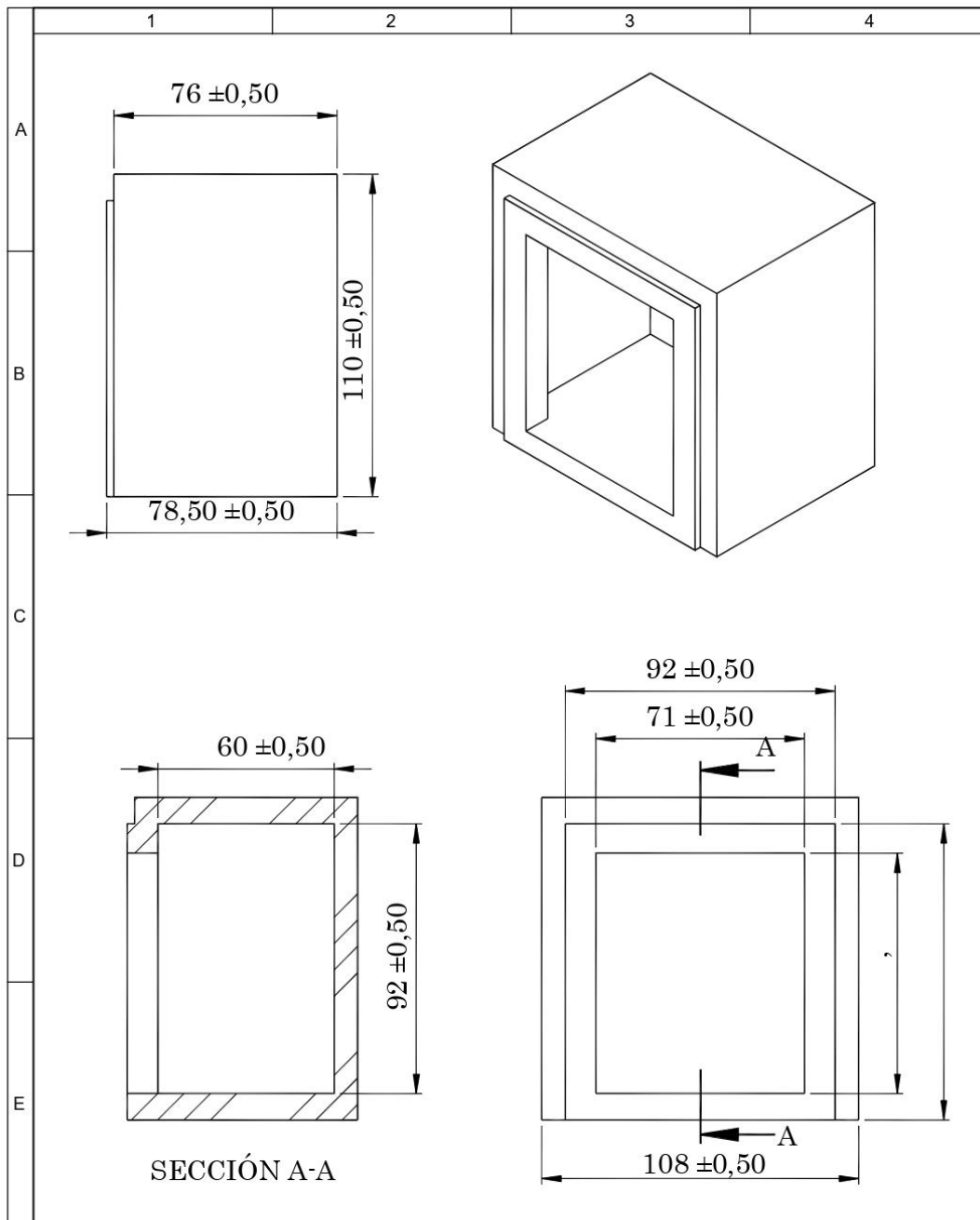
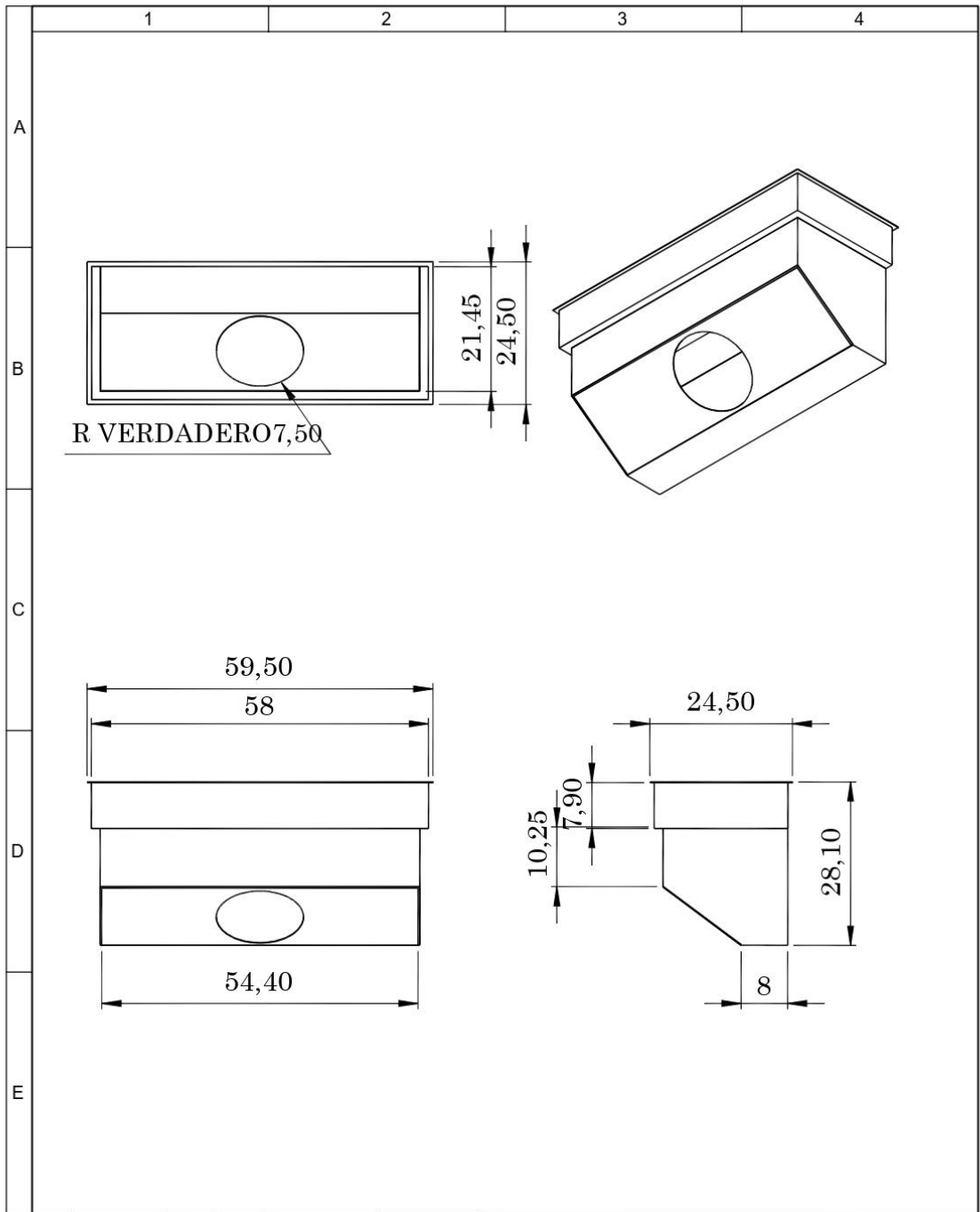


Figura T.1. Diseño de la PCB del controlador

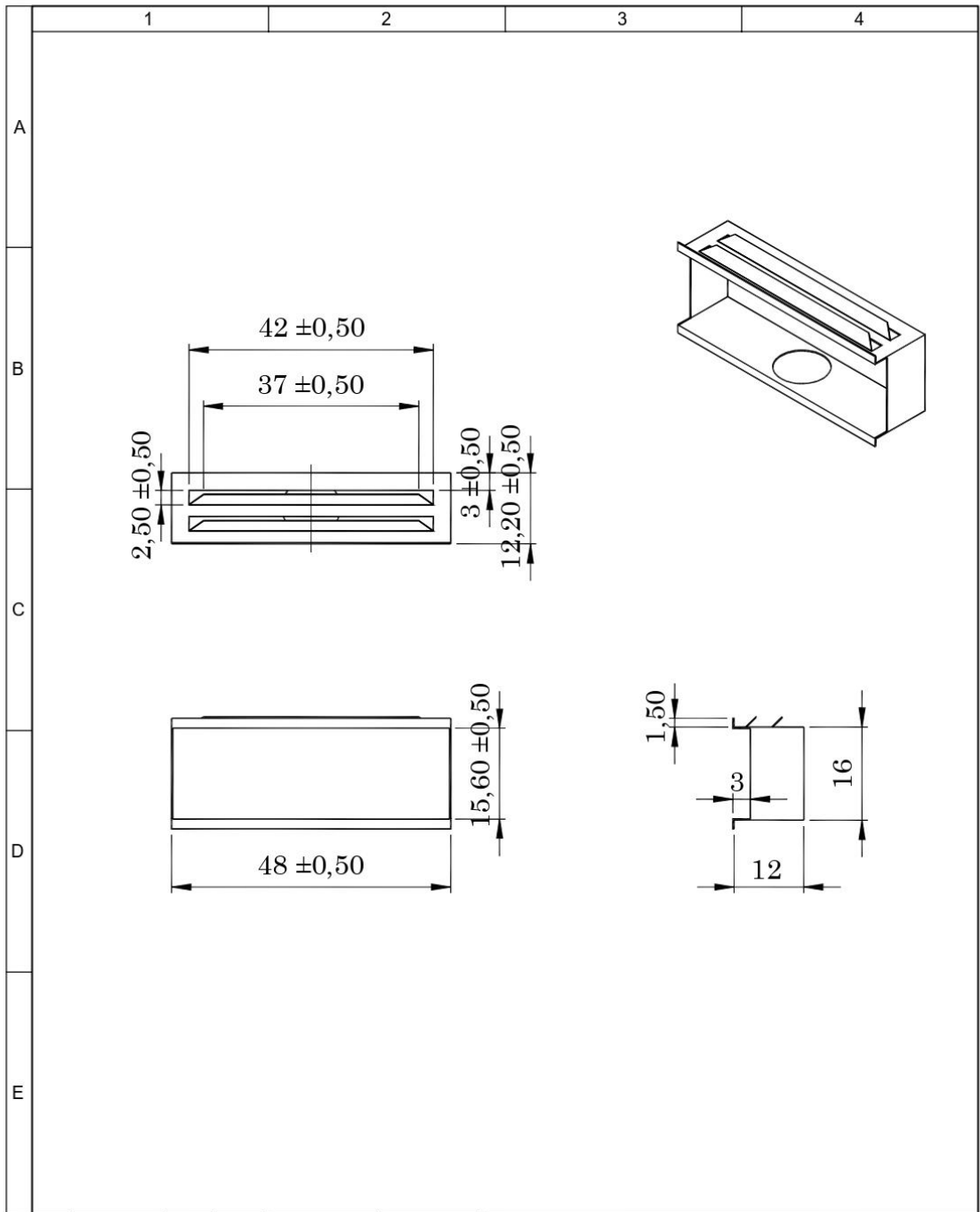
ANEXO U. Planos de la cámara de fermentación y plano eléctrico



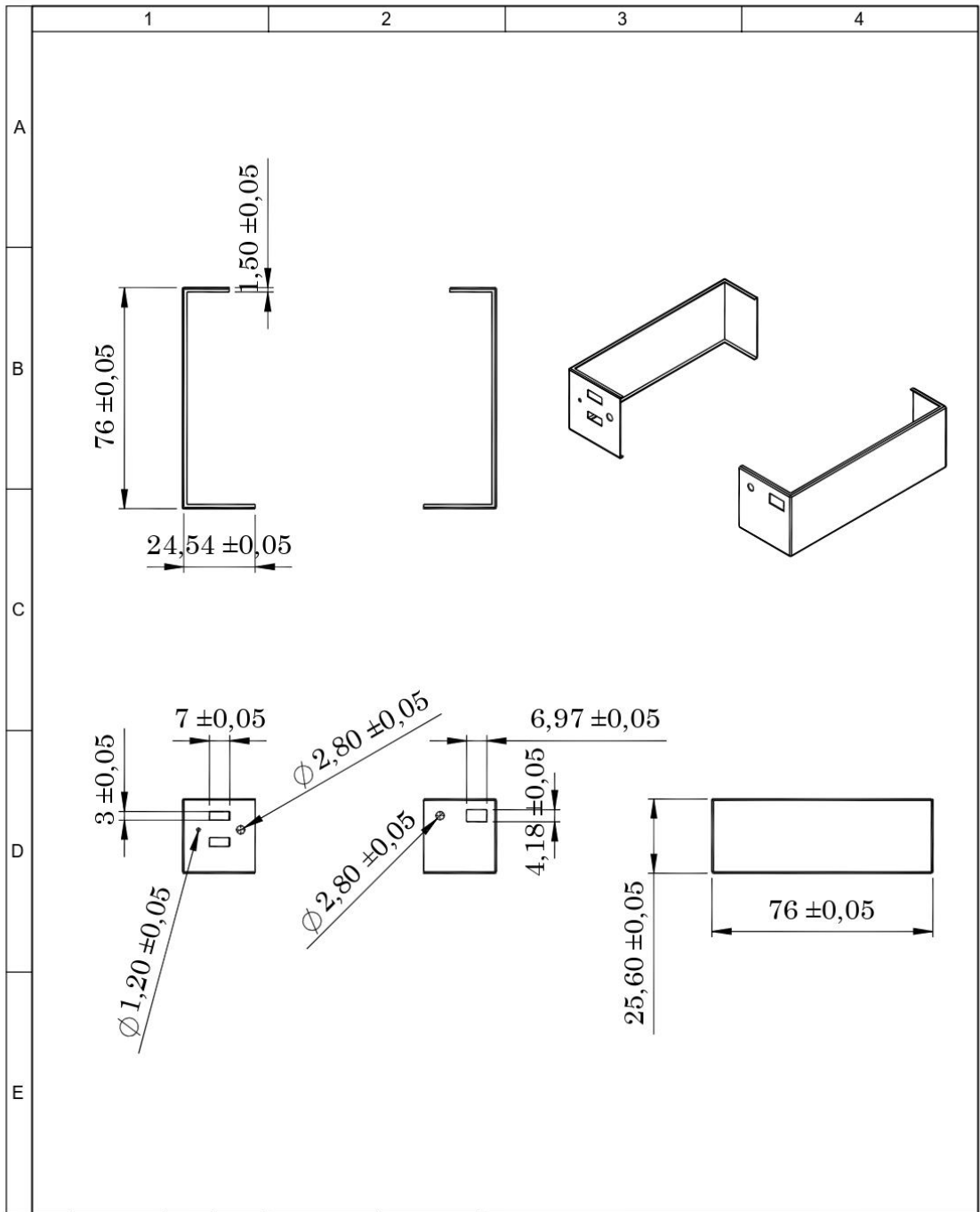
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	90Kg	Panel de poliuretano recubierto de laminas de acero pre-pintado S 280 GD (EN 10326)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 05/07/21	L.D. y N.D	Base cámara fermentación	1:20
				Revisó:	Ing.		
				Aprobó:	Ing.		
				UTC		Número del dibujo: 1 de 7	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Electroecánica		(Sustitución)	



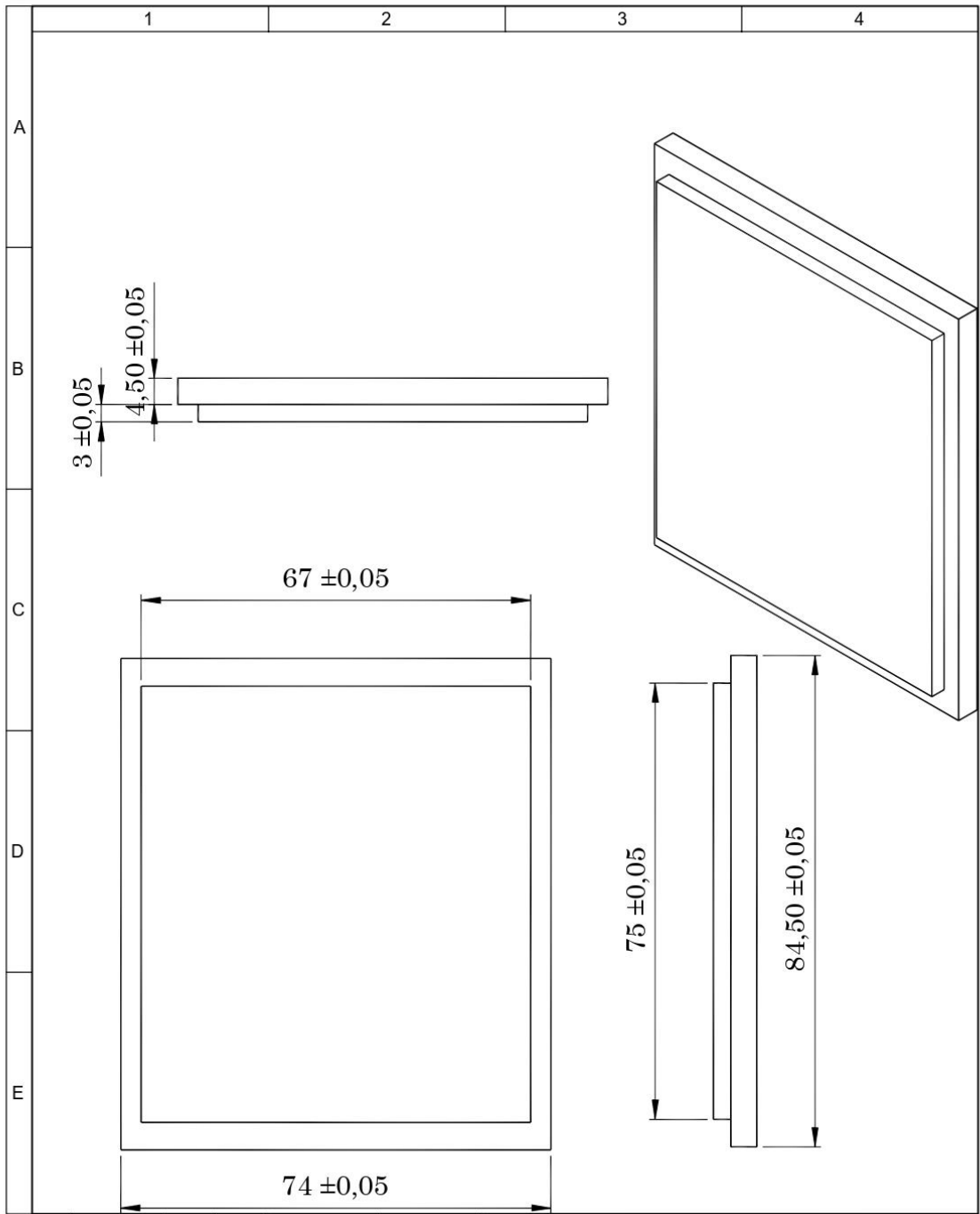
		Tolerancia		(Peso)	Materiales:	
		±0,1		2,2Kg	Acero pre-pintado S 280 GD (EN 10326)	
		Fecha	Nombre		Denominación:	Escala:
		Dibujó: 05/07/21	L.D. y N.D		Cubierta condensador	1:20
		Revisó:	Ing.			
		Aprobó:	Ing.			
		UTC			Número del dibujo: 2 de 7	
		Ing. Electroecánica			(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			



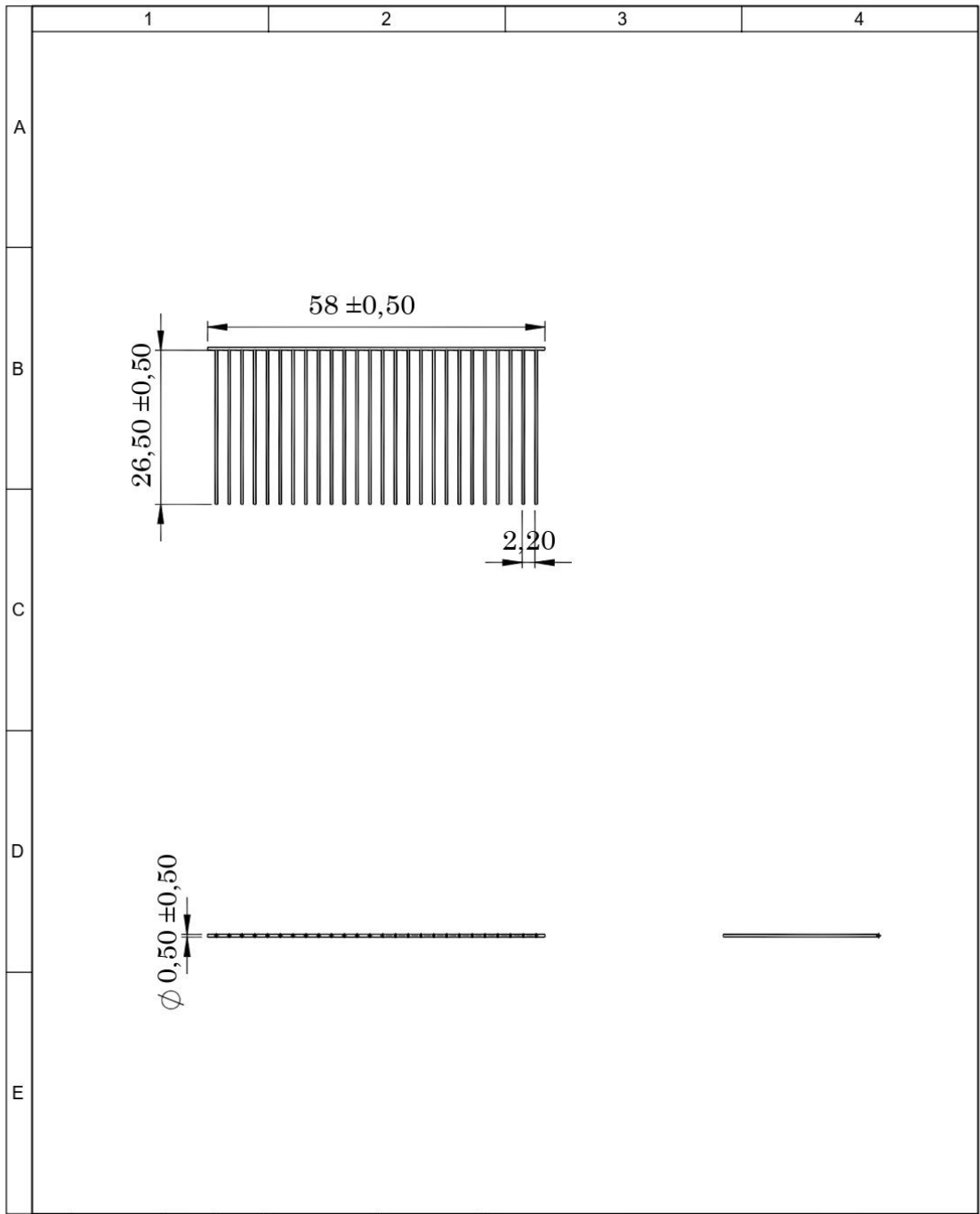
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	1.2 Kg	Acero inoxidable 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: Cubierta resistencias
				Dibujó:	05/07/21	L.D. y N.D	
				Revisó:		Ing.	
				Aprobó:		Ing.	Escala: 1:20
				UTC Ing. Electroecánica		Número del dibujo: 3 de 7	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



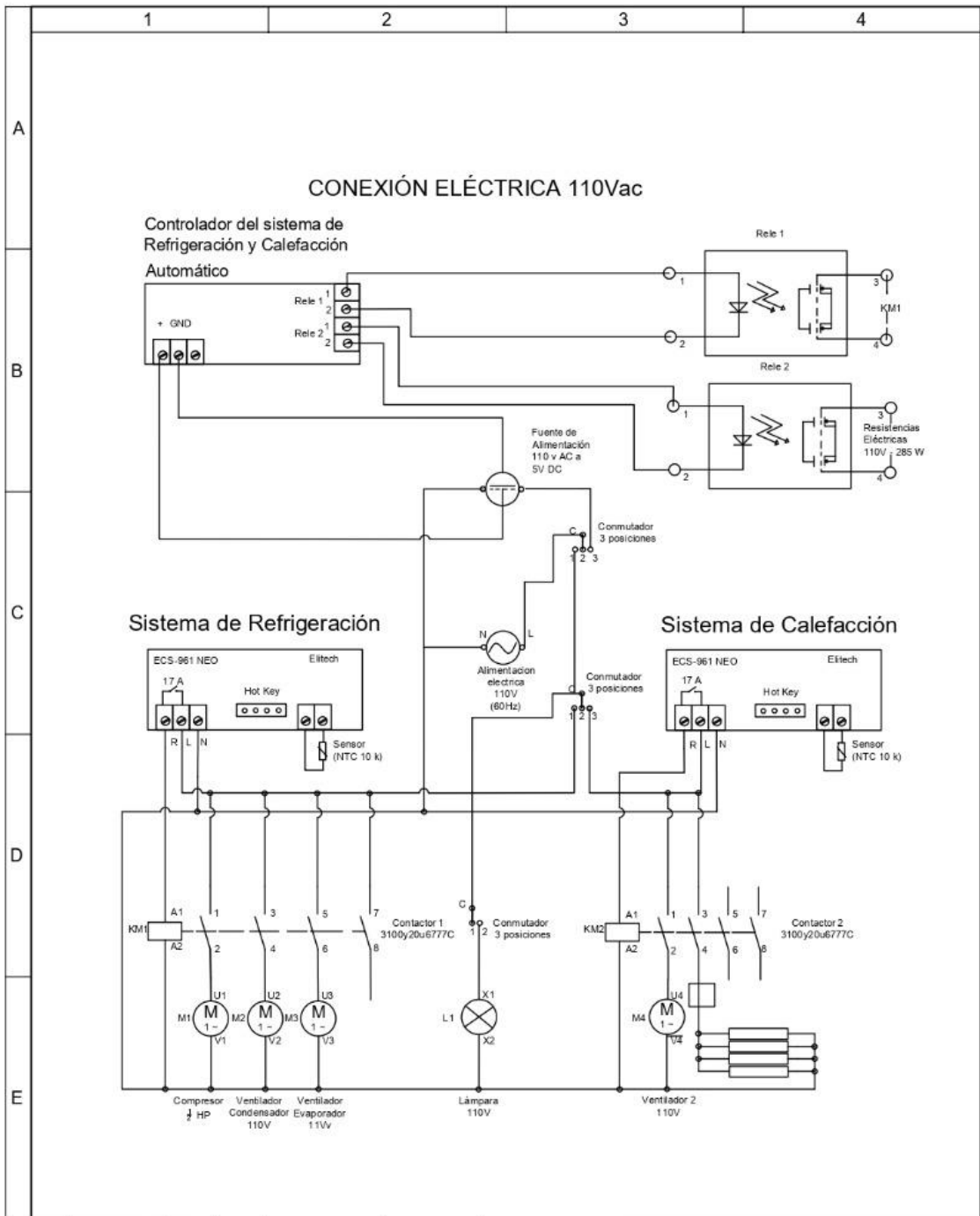
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	3 Kg	Aluminio 1050 H14	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	05/07/21	L.D. y N.D		
			Revisó:		Ing.		
			Aprobó:		Ing.	Cubierta superior	1:20
				UTC		Número del dibujo:	
				Ing. Electroecánica		4 de 7	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	9 Kg	Panel de poliuretano recubierto de laminas de acero pre-pintado S 280 GD (EN 10326)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 05/07/21	L.D. y N.D	Puerta cámara fermentación	1:20
				Revisó:	Ing.		
				Aprobó:	Ing.		
				UTC		Número del dibujo: 5 de 7	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Electroecánica		(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	1.05Kg	AISI 1010	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	05/07/21	L.D. y N.D		
			Revisó:		Ing.		
			Aprobó:		Ing.	Rejilla	1:20
				UTC		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Electroecánica		6 de 7	
						(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	0,6 Kg	Varios componentes electrónicos de: cobre, estaño y aleaciones de plástico.			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	05/07/21	L.D. y N.D			Esquema Eléctrico	1:20
			Revisó:		Ing.				
			Aprobó:		Ing.				
				UTC		Número del dibujo:			
				Ing. Electroecánica		7 de 7			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			

ANEXO V. Manual de operación y mantenimiento

Manual de operación y mantenimiento

CÁMARA DE FERMENTACIÓN

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	2
OPERACIÓN Y CUIDADO DE LA CÁMARA DE FERMENTACIÓN.....	3
CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES.....	3
GENERAL.....	3
INSTALACIÓN.....	3
CONEXIONES ELÉCTRICAS.....	3
DIAGRAMA DE CONEXIONES DE SERVICIO Y DIMENSIONES.....	3
FUNCIONAMIENTO.....	4
FERMENTACIÓN.....	4
CONTROLES.....	4
Control manual.....	4
Control automático.....	5
INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN.....	7
PROCEDIMIENTO DE APAGADO.....	7
LIMPIEZA.....	7
MANTENIMIENTO.....	7
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	8

OPERACIÓN Y CUIDADO DE LA CÁMARA DE FERMENTACIÓN

CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES

GENERAL

La cámara de fermentación Fue diseñada con especificaciones necesarias para fermentar cerveza, pese a esto puede ser utilizada con fines similares, de fermentación de otro producto siempre y cuando se tome en cuenta los rangos de funcionamiento siendo estos de 0°C hasta 30°C. El mismo cuenta con capacidad de albergar dos recipientes cilíndricos (diámetro de 40 cm) influyendo el alto de hasta 70cm. La temperatura siendo ajustada y controlada de forma automática por medio de la pantalla o de igual manera de forma manual dependiendo del uso requerido para satisfacer sus necesidades particulares de fermentación. El aire circula continuamente para brindar un movimiento positivo desde la parte inferior a la superior, creando una distribución uniforme de aire cálido o frío según se requiera.

La cámara de fermentación cuenta con paneles exteriores e interiores de acero pre pintado con aislante térmico de espuma de poliuretano, siendo estos mismos fáciles de limpiar. Esta cámara de fermentación está fabricada con mano de obra y materiales de calidad. la instalación, el uso y el mantenimiento adecuados del equipo le ofrecerán varios años de funcionamiento satisfactorio.

Se recomienda leer este manual completamente y seguir las instrucciones contenidas en el mismo.

INSTALACIÓN

La cámara de fermentación debe ser transportada e instalada con sumo cuidado y con las respectivas consideraciones.

CONEXIONES ELÉCTRICAS



ADVERTENCIA

Las conexiones eléctricas y a tierra deben cumplir con las partes aplicables del código eléctrico nacional y/o cualquier otro código local vigentes.



ADVERTENCIA

Desconecte el suministro eléctrico de la máquina y siga los procedimientos de bloqueo y etiquetado.



ADVERTENCIA

Los dispositivos equipados con un cable de suministro eléctrico flexible se proporcionan con un enchufe con conexión a tierra de tres patas. Es obligatorio que el enchufe esté conectado a un tomacorriente con puesta a tierra adecuado. Si el tomacorriente no cumple con esta especificación, contacte a un electricista. No quite la pata de tierra del enchufe.

DIAGRAMA DE CONEXIONES DE SERVICIO Y DIMENSIONES

Datos eléctricos	
Voltios	110
Hertzios	60
Amperios	14
Fase	1

Se requiere de un tomacorriente y un interruptor de circuito

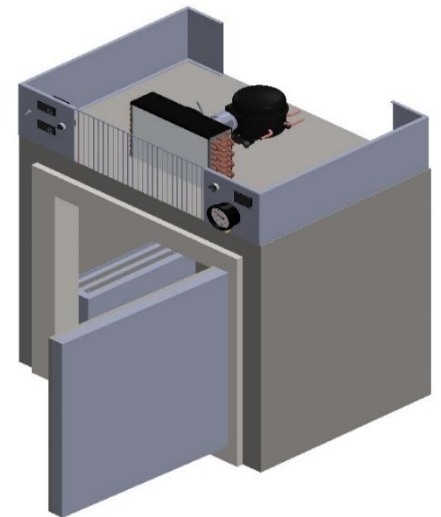


Figura 1. Cámara de fermentación.

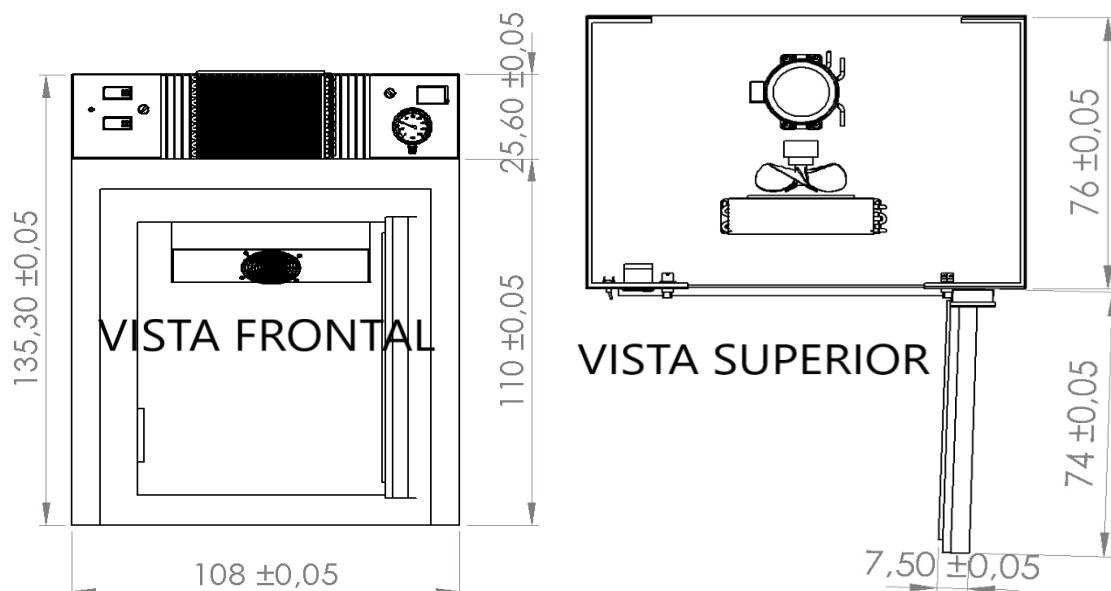


Figura 2. Diseño y medidas de la cámara de fermentación.

FUNCIONAMIENTO

FERMENTACIÓN

La temperatura es controlada en la fermentadora propiciando la fermentación de levaduras generando que el gas ocasionando suba la masa y la fermentación toma 7 días con una temperatura fija y 3 días extras aumentando dicha temperatura en 3 o 4 grados, dependiendo del producto, es decir el tipo de levadura que se use, por ende, el tipo de cerveza a fermentar ya sea ale o lager, tendrá una configuración normal de temperatura de entre 5 hasta 25°C recalcando que todo depende del tipo de cerveza con el cual se esté trabajando, teniendo pequeñas variaciones según el producto que se desea fermentar.

CONTROLES

El control del sistema se la realizara de dos formas, manual o automática a continuación se presenta su debido uso.



Figura 3. Controles de la cámara de fermentación.

Dependiendo como se desee controlar la cámara de fermentación se elegirá mediante el seleccionador principal (S1, ubicado en la parte superior derecha) donde elegiremos entre manual o automático.

Control manual

Una vez seleccionado el control manual se podrá seleccionar entre sistema de refrigeración o calefacción, esto hace referencia al (CM1) que controla el sistema de refrigeración y el (CM2) el cual controlando el sistema de calefacción esto se podrá seleccionar mediante el (S2, ubicado en la parte superior izquierda), el funcionamiento de este tipo de control se maneja mediante controladores Elitech ECS-961 NEO.

Encendido: Salida de refrigeración activada

Apagado: Salida de refrigeración desactivada

Parpadeando: Salida de refrigeración desactivada y contando el tiempo de retardo

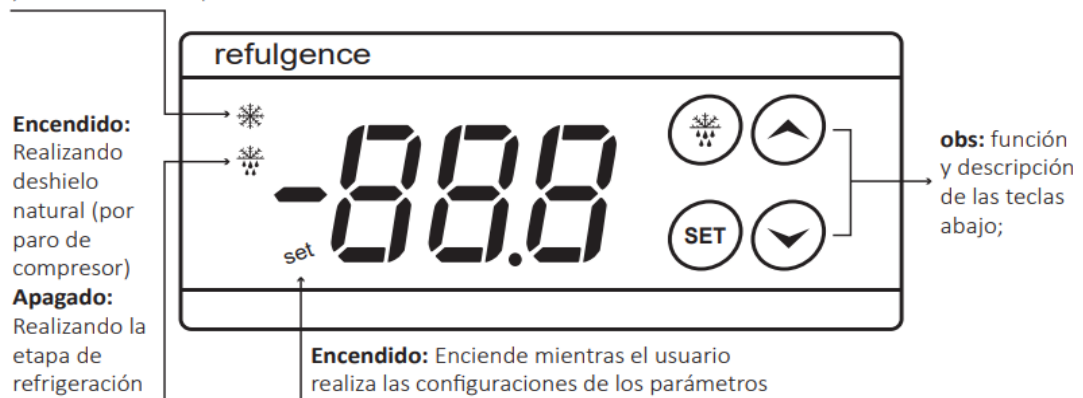


Figura 4. Control del sistema manual (Elitech).

Este controlador se maneja para una sola función aumentar o disminuir la temperatura, siendo estos controles previamente configurados para estas funciones, el usuario deberá introducir la temperatura a la que desee trabajar.

Al iniciar el control se verá en la pantalla principal con la temperatura interna de la cámara reflejada en el mismo para introducir la temperatura de set point (temperatura de trabajo), esta temperatura se podrá introducir al aplastar el botón SET verificando en la pantalla esta misma palabra, al aplastar por segunda vez se verá el set point preestablecido de trabajo, haciendo uso de las flechas (▲▼) junto al botón de SET, se podrá elegir la temperatura deseada. Siendo este sistema ineficiente debido a que solo se puede elegir uno a la vez, siendo este de calefacción o enfriamiento, recomendando usar el sistema automático.

Control automático

Este control tiene como elemento principal la pantalla Nextion, ubicada en la parte superior derecha, la misma que consta con diferentes pantallas en las cuales se podrá interactuar con la misma o a su vez monitorear el proceso establecido, este control es el recomendable ya que no necesita de supervisión constante, al elegir el tipo de cerveza que se va a realizar o a su vez elegir las temperaturas que se van a trabajar.

VENTANA PRINCIPAL (PORTADA): Muestra el logo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, incluye un botón que redirigirá al menú principal **Fig. 5.**



Figura 5. Ventana Principal.

VENTANA MENU: en esta encontraremos cuatro apartados como: **Fig. 6.**

- **Portada:** que nos regresara a la ventana principal
- **Cerveza:** dentro de la cual se podrá elegir el tipo de cerveza a realizar como serán Lager, Ale u otro tipo especificando las temperaturas y tiempos de trabajo
- **Monitoreo:** en el cual tendremos indicadores del proceso.
- **Gráfica:** aquí se graficará en tiempo real el set point (temperatura de trabajo), la temperatura establecida.



Figura 6. Ventana Menú.

VENTANA DE LOS TIPOS DE CERVEZA: Aquí se podrá elegir entre los tipos de cerveza preestablecidos o configurar uno propio. **Fig.7.**

- **Lager:** teniendo un tiempo de duración de diez días, con temperatura de 19°C los primeros siete días y teniendo un incremento a 22°C los últimos tres días del proceso.
- **Ale:** teniendo un tiempo de duración de diez días, con temperatura de 5°C los primeros siete días y teniendo un incremento a 8°C los últimos tres días del proceso.
- **Otra:** aquí se podrá definir la temperatura inicial en el apartado de **T1** y su temperatura luego de siete días con su incremento o descenso necesario en el apartado **T2** dando mayor amplitud de uso del fermentador, al aceptar el proceso dará inicio y se podrá pasar a otra ventana. **Fig. 8.**



Figura 7. Ventana tipos de cerveza.

VENTANA MONITOREO: Aquí es donde se observará los parámetros establecidos y los medidos, aquí se encuentra parámetros como: **Fig. 9.**

- **S. Refrigeración:** on – off dependiendo si este encendido o apagado.
- **S. Calefacción:** on – off dependiendo si este encendido o apagado.
- **Recirculación:** on – off dependiendo si este encendido o apagado.
- **Tipo de cerveza:** si es preestablecida y seleccionada en la ventana cerveza.
- **T. ambiente:** temperatura medida del medio ambiente donde se encuentre la cámara.
- **T. interna:** la temperatura que se encuentra en el interior de la cámara
- **T. set point:** temperatura a la que se mantendrá.
- **Proceso:** 1-2 depende si se encuentra en los primeros siete días o en los últimos tres del proceso.
- **Duración del proceso:** establecida en horas, minutos y segundos transcurridos desde el momento de elegir el tipo de cerveza a trabajar.
- **Días transcurridos:** indica los días transcurridos desde el inicio del proceso.

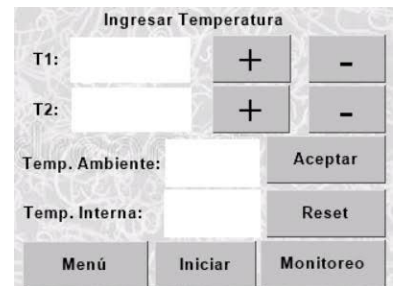


Figura 8. Ventana Otra.



Figura 9. Ventana Monitoreo.

VENTANA GRAFICA: Aquí se observará la gráfica en tiempo real con la visualización del set point y la curva de la temperatura interna, incluirá la temperatura exterior o temperatura ambiente en °C, el setpoint en la gráfica y el valor en la parte superior derecha. **Fig. 10.**



Figura 10. Ventana Grafica.

NOTA: En todas las pantallas se tendrá la opción de **MENU** para regresar al menú principal ya sea iniciado o no el proceso de fermentación sin dañar los registros o los parámetros una vez ingresados, teniendo así libre navegación entre las distintas ventanas.

NOTA: La pantalla de temperatura incrementará/disminuirá 1° cada vez que se presione una flecha.

NOTA: La configuración del temporizador es pre establecida con valores de diez días divididos en dos procesos, uno de siete días con la temperatura inicial y el otro de tres días con un incremento de temperatura.

NOTA: Cuando el temporizador completa el ciclo programado, todo el sistema se apagará de forma automática, sin necesidad del usuario, pese a esto se recomienda una vez terminado el tiempo de fermentación retirar el producto y continuar con el proceso de elaboración.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

1. Seleccione el control manual o automático con el seleccionador ubicado en la parte superior derecha del fermentador (Fig. 3), según se requiera, en cualquier caso, revisar las indicaciones detalladas en la sección de **CONTROL AUTOMÁTICO** o el **CONTROL MANUAL**.
2. Ajuste la temperatura (como se requiera).
3. Permita que el equipo aumente o disminuya su temperatura según se requiera y se estabilice, por 15 a 20 minutos antes de colocar cualquier producto en la cámara de fermentación.
4. Cargue el producto con ayuda de los recipientes de fermentación. Sólo cargue el producto establecido, el que conlleven los dos recipientes de 30 litros.
5. Ajuste e inicie el temporizador (en caso de ser necesario).
6. Si se utiliza el sistema de control automático luego de elegir el tipo de cerveza se tendrá un tiempo y temperaturas pre establecidas.
7. Una vez transcurrido el tiempo de fermentación retirar el producto y dejar la cámara apagada con la puerta abierta para recircular el aire interno a modo de ventilación.

PROCEDIMIENTO DE APAGADO

1. Quite todo el producto.
2. Ubique el selector (S1) en la posición neutro para dar por apagado. No se encenderán las pantallas.
3. La cámara de fermentación se puede limpiar una vez que se haya apagado el ventilador. Consulte la sección de limpieza.

LIMPIEZA

1. Con ayuda de un paño limpio y humedecido en agua tibia con jabón, limpie el interior de la cámara de acero pre pintado y de la parte superior. Enjuague con agua limpia y utilice otro paño limpio y seco.
2. Limpie el exterior diariamente con un paño limpio y húmedo.
3. Tenga cuidado cuando limpie alrededor de las partes delicadas del interior, como son los sensores.
4. No utilice limpiadores que contengan arena, materiales abrasivos, cloro, químicos agresivos o limpiadores clorados. No utilice lana de acero en las superficies del fermentador, tampoco limpie la cámara con chorro de manguera, chorro de vapor o con lavado de alta presión.
5. Tenga cuidado de utilizar fórmulas de limpieza nuevas o mejoradas; utilícelas solamente después de haberlas probado en un lugar poco visible.

MANTENIMIENTO



Desconecte el suministro eléctrico de la máquina y siga los procedimientos de bloqueo y Limpieza.

INFORMACIÓN DE PARTES Y SERVICIO

Si requiere de cualquier reparación o ajuste para su equipo, contacte con el encargado responsable.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

PROBLEMA	CAUSA POSIBLE	ACCIONES CORRECTIVAS
El controlador no se enciende después de seleccionar en automático o manual.	1. El equipo no está conectado. 2. El panel de control se fundió.	1. Revise que el cable de alimentación esté conectado al contactor. 2. Solicite servicio técnico autorizado.
En la pantalla de temperatura parpadea “NAN”.	Hay problemas con el sensor.	Solicite servicio técnico autorizado.
En la pantalla de temperatura parpadea “Err”.	Hay problemas con el sensor.	Solicite servicio técnico autorizado.
En la pantalla de monitoreo no se visualizan datos	No se ha seleccionado el tipo de cerveza	Ingrese a la ventana de cerveza, seleccione el tipo de cerveza y regrese a la ventana de monitoreo
El teclado no responde.	Hay problemas con la membrana.	Solicite servicio técnico autorizado.
El proceso de control no se detiene pasado los diez días	El controlador tiene problemas.	Solicite servicio técnico autorizado.

ANEXO W. Manual del controlador Elitech



CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA PARA EQUIPOS DE ENFRIADOS CON DESHIELO NATURAL. POR PARO DE COMPRESOR. O APLICACIONES DE CALENTAMIENTO



RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD ⚠

- Este producto deberá ser utilizado solamente por técnicos debidamente capacitados, aptos a realizar las conexiones eléctricas y utilizando los equipos de protección individual (EPIs);
- Desconecte la alimentación eléctrica de la instalación antes de realizar cualquier tipo de reparo en el local donde el controlador esté instalado;
- Lea atentamente el manual de instrucción del producto y en caso de duda, comuníquese con nuestro personal de soporte técnico, a través de la página web o número de teléfono disponible al final de este manual;
- Certifíquese de que el recorte para instalación del controlador no sobrepase las dimensiones recomendadas, para evitar la entrada de agua o humedad por los costados del controlador;
- Conforme las normas internacionales, los cables de los sensores deben ser instalados separados de los cables de alimentación eléctrica, evitando oscilaciones de lecturas de temperatura por interferencias electromagnéticas.

1. DESCRIPCIÓN

El controlador digital modelo ECS-961 es indicado para aplicación en sistemas de frío que almacenen productos enfriados, donde el sistema de refrigeración necesite realizar deshielos naturales periódicamente, parando el compresor por un tiempo determinado.

Su profundidad reducida de 39mm lo convierte en un producto versátil, aplicable en equipos donde el aislamiento térmico reduce el espacio para instalación del controlador y exige dimensiones diferenciadas. El ECS-916 también puede ser aplicado en equipos retrofit reemplazando al termostato mecánico, ofreciendo al cliente precisión y la posibilidad de visualización de la temperatura de los productos. Además de eso, puede ser configurado para aplicaciones de calentamiento, con la simple modificación de un parámetro.

Este modelo también posee entrada de configuración rápida a través de una llave de programación, la cual permite copiar sus parámetros y descargarlos en otros controladores de mismo modelo.

2. APLICACIONES

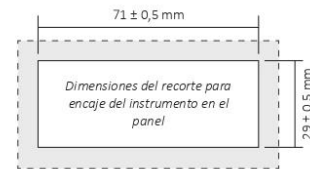
- Cámaras Frías
- Muebles refrigerados
- Estufas
- Reemplazo del termostato mecánico
- Equipos de refrigeración con poca profundidad para instalación del termostato

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Temperatura de control	-50 a 99°C
Temperatura de medición	-50 a 99°C
Alimentación eléctrica directa	Producto en las versiones: 110Vac ± 10% (50/60Hz) o 220Vac ± 10% (50/60Hz) (⚠ consulte la etiqueta de su producto)
Consumo eléctrico	< 3W
Precisión de lectura	-40°C a 50°C, ± 0,5°C, restante del rango ± 2.0
Resolución	0,1°C / 1,0°C
Corriente máxima por salida	17A (Hasta un 1HP en 220V)
Humedad de operación	20 a 85% (sin condensación)
Temperatura de operación	0°C a 55°C
Temp. de almacenamiento	-25°C a 75°C
Dimensión del instrumento	78,5 x 34,5 x 41 mm (AxAxP)
Dimensión del recorte	71 ± 0,5 x 29 ± 0,5 mm (AxX)
Grado de protección	Frontal IP-65

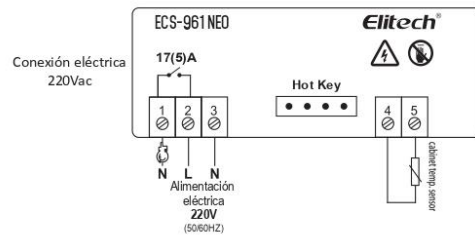
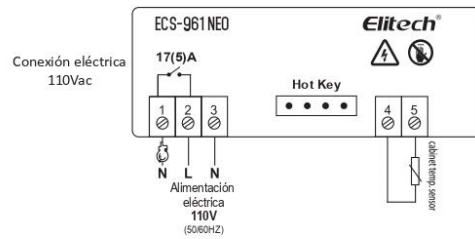
OBS: Cable sensor: 2m (el cable del sensor puede ser aumentado en hasta 200m por el propio usuario, siguiendo la recomendación de cable blindado de 2x24AWG)

4. INSTALACIÓN DEL INSTRUMENTO EN EL PANEL



4.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

⚠ Este producto posee solamente una opción de alimentación eléctrica, 110V o 220V. Atención: Verifique la etiqueta del instrumento antes de conectarlo a la red eléctrica.



5. INDICACIONES DEL DISPLAY Y FUNCIONES DE LAS TECLAS

- Encendido:** Salida de refrigeración activada
- Apagado:** Salida de refrigeración desactivada
- Parpadeando:** Salida de refrigeración desactivada y contando el tiempo de retardo



Tecla	Función	Acción	Indicación en el display
SET	Configuración de temperatura de Set Point (valor para desactivar la salida)	Pulse la tecla	Set en el display + Led Set
	Acceso al menú de administrador	Presione la tecla por 5 segundos	PA1 en el display + Led Set
	Entrar y salir de los parámetros. Cuando el usuario esté configurando los parámetros técnicos, esta tecla permitirá entrar en el parámetro que esté indicando el display, después de configurado, permitirá al usuario salir del mismo parámetros. Función "enter"	Pulse la tecla	Parámetros + Led Set
▲	Aumenta el valor de los parámetros cuando en modo configuración	Pulse la tecla cuantas veces sea necesario hasta llegar al valor de configuración del parámetro	Aumenta el valor del parámetros + Led Set
	Copia de los parámetros del controlador a la llave de programación CPK-4 (copy key). Cuando la llave esté conectada a su entrada en la parte posterior del controlador, presione esta tecla por 3 segundos para copiar sus valores de parámetros	Presione la tecla por 3 segundos	Mensaje UP en el display
▼	Disminuye el valor de los parámetros cuando en modo configuración	Pulse la tecla cuantas veces sea necesario hasta llegar al valor de configuración del parámetro	Disminuye el valor del parámetro + Led Set
	Descarga los valores de los parámetros de la llave de programación CPK-4 (copy key). Cuando la llave esté conectada a su entrada en la parte posterior del controlador, presione esta tecla por 3 segundos para enviar los valores de parámetros al controlador	Presione la tecla por 3 segundos	Mensaje DO en el display
Ⓜ	Salir del menú de configuración	Pulse la tecla	Apagará el led Set indicando la salida del modo de configuración de los parámetros
	Realizar deshielo manualmente	Presione la tecla por 3 segundos	Led de deshielo se enciende
	Finalizar el proceso de deshielo	Durante la etapa de deshielo, presione la tecla por 3 segundos	Led de deshielo apagará
	Reset de los valores de parámetros y recuperación de la configuración de fábrica	Presione la tecla por 10 segundos	Mensaje rSt en el display

6. ACCESO A LOS PARÁMETROS Y MENÚS

6.1 DESHIELO MANUAL

Presione la tecla (Ⓜ) deshielo por 3 segundos para empezar manualmente una etapa de deshielo. Para finalizar el deshielo manual, el usuario deberá presionar nuevamente la tecla (Ⓜ) por 3 segundos.

7. TABLA DE PARÁMETROS

Parámetros	Descripción	Valor Mínimo	Valor Máximo	Standard	Unidad
PA1	Ingresar con el código de acceso	0	250	05	-
dIF	Diferencial de control (histéresis) Diferencia de temperatura que sumada al Set Point, determina el valor para volver a activar la salida de refrigeración. Caso el controlador sea configurado con modo de operación Calentamiento, el valor para volver a prender la salida será determinado por el Set Point menos el diferencial de control.	01.0	30.0	2.0	°C
HSE	Máximo Set Point configurable Función de seguridad que permite limitar el máximo valor configurable en la función de Set Point.	Set Point	99.0	99.0	°C

6.2 SET POINT

Para configurar el valor de Set Point (temperatura para desactivar la salida de refrigeración), presione una vez la tecla Set (Ⓜ). En este momento la indicación Set (set) encenderá en el display. Para acceder a esta función, presione nuevamente la tecla Set (Ⓜ) y utilice las teclas (▲) y (▼) para configuración del valor necesario. Confirme el valor configurado presionando la tecla (Ⓜ) o presione una vez la tecla Set para confirmar el valor y una vez la tecla (Ⓜ) para regresar a la pantalla principal.

6.3 ACCESO A LOS PARÁMETROS TÉCNICOS

Para acceder a los parámetros técnicos el usuario deberá presionar la tecla Set (Ⓜ) por 5 segundos, hasta que aparezca en el display PA1, suelte la tecla y presione la tecla Set (Ⓜ). En seguida para modificar los parámetros, el usuario deberá insertar el valor standard 05, o la clave determinada en la función PA1, utilizando las teclas (▲) y (▼) hasta llegar a este valor. Después de confirmar el valor utilizando la tecla Set, el usuario podrá navegar por las funciones (dIF, HSE, LSE, ..., HC) y modificar los valores de cada una conforme la necesidad de cada aplicación. Para salir del modo de configuración, el usuario deberá presionar una vez la tecla (Ⓜ) o aguardar por 30 segundos para que el controlador guarde automáticamente todos los valores configurados y regrese al modo normal de trabajo, indicando en el display la temperatura medida.

IMPORTANTE: Caso función PA1= 00, cuando el cliente opta por no utilizar la clave de acceso, al presionar la tecla Set (Ⓜ) para acceder a los parámetros técnicos, el controlador no más indicará PA1 en el display, pasando directamente a la función dIF.

6.4 RECUPERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FÁBRICA (STANDARD)

Para recuperar los valores de fábrica, el usuario deberá mantener presionadas simultáneamente las teclas (▲) y (▼), hasta que aparezca RST en el display.

IMPORTANTE: Por los valores de fábrica se traten solamente de valores de referencia, recomendamos que después de realizar este procedimiento de recuperación de los valores de fábrica, el usuario vuelva a configurar el controlador con los valores más adecuados a su instalación, una vez que los valores de fábrica pueden no atender totalmente su necesidad específica.

6.5 COPIA Y DESCARGA DE PARÁMETROS UTILIZANDO LA LLAVE DE PROGRAMACIÓN (COPY KEY)

En la parte posterior del controlador, entre las borneras de alimentación eléctrica y conexión de cargas, y las borneras del sensor, existe una prominencia de placa con 4 pistas conductoras, para conexión de la llave programadora CPK-4. Para copiar los valores de los parámetros del controlador a la memoria interna de la llave, el usuario primeramente deberá conectarla a su entrada específica, en la parte posterior del controlador ECS-961, después de conectarla el usuario deberá presionar por 3 segundos la tecla (▲), hasta que aparezca "UP" en el display.

Para descargar la información que contiene la llave en otro controlador del mismo modelo, el usuario deberá conectarla a su entrada específica, en la parte posterior del controlador y presionar por 3 segundos la tecla (▼), hasta que aparezca "DO" en el display.

IMPORTANTE: Caso ocurra alguna falla en el momento de copiar o descargar la información, el controlador indicará "Er" en el display y será necesario repetir la operación.

6.6 LLAVE DE PROGRAMACIÓN CPK-4*

La llave de programación CPK-4 permite la copia y descarga de valores de los parámetros entre controladores del mismo modelo, facilitando el proceso cuando el técnico necesita configurar varios controladores. Además de eso la llave programadora evita que haya equivocaciones en el momento de la configuración de cada uno de los parámetros.

Parámetros	Descripción	Valor Mínimo	Valor Máximo	Standard	Unidad
LSE	Mínimo Set Point configurable Función de seguridad que permite limitar el mínimo valor configurable en la función de Set Point.	-50.0	Set Point	-50.0	°C
Ont	Tiempo de compresor activado en caso de falla de lectura del sensor	0	250	0	minutos
Oft	Tiempo de compresor desactivado en caso de falla de lectura del sensor Ont= 0, OFt= 1 Compresor siempre desactivado Ont= 1, OFt= 0 Compresor siempre activado Ont=#0, OFt= #0 Compresor ciclando conforme los tiempos configurados en Ont y Oft	0	250	1	minutos
dOF	Retardo para reactivar la salida El controlador respetará el tiempo configurado en este parámetro para volver a activar la salida de refrigeración / calentamiento, siempre que esta desactivar por haber alcanzado el Set Point.	0	250	0	minutos
OdO	Retardo en la energización del controlador	0	250	0	minutos
dit	Tiempo en la etapa de refrigeración (intervalo de tiempo entre los deshielos)	1	250	6	horas
dCt	Modo de conteo de tiempo entre cada etapa de deshielo 0= Tiempo de compresor funcionando. En esta opción el controlador considera solamente las horas de trabajo del compresor. 1= Tiempo real. En esta opción el controlador considera el tiempo en horas para empezar una nueva etapa de deshielo. Ej. Deshielo a cada 4h. 2= Tiempo de compresor desactivado. En esta opción el controlador considera solamente las horas de compresor desactivado.	0	2	1	-
dOH	Retardo adicional al final de la primera etapa de deshielo Este parámetro permite incluir un tiempo adicional al final de la primera etapa de deshielo, esto sirve para que dos o más controladores no realicen al mismo tiempo la etapa de deshielo.	0	59	1	minutos
dEt	Tiempo máximo de duración de la etapa de deshielo dEt= 0 El controlador no realizará la etapa de deshielo.	0	250	30	minutos
dPO	Deshielo en la energización del controlador y= Si n= No	n	y	n	-
LOC	Bloqueo de teclas y= Si n= No	n	y	n	-
PA1	Clave de acceso Este parámetro permite que el usuario configure su propia clave de acceso a los parámetros, mantenga la clave standard (05) o desactive el uso de clave de acceso (00).	0	250	05	-
ndt	Utilizar punto decimal en el display y= Si n= No	n	y	n	-
CA1	Ajuste de la lectura del sensor (calibración)	-12.0	12.0	0	°C
ddL	Indicación de temperatura durante la etapa de deshielo 0= Indica la real temperatura medida en el display. 1= Mantiene la indicación del último valor de temperatura medido antes de empezar la etapa de deshielo, trabada en el display. La indicación se mantiene trabada hasta el final de la etapa de deshielo y que el Set Point sea nuevamente alcanzado. 2= La indicación dEF se mantiene en el display hasta el final de la etapa de deshielo y que el Set Point sea nuevamente alcanzado.	0	2	1	-
HC	Modo de operación del controlador 0= Refrigeración 1= Calentamiento	0	1	0	-

8. MENSAJES EN EL DISPLAY

<i>E I</i>	Error en la lectura del sensor
<i>Er</i>	Error en la copia de los parámetros de la llave de programación
<i>EP</i>	Falla en el envío de la programación de la llave de programación al controlador, por incompatibilidad de versión Ej: Intentar descargar los parámetros del modelo ECS-180 neo en un controlador de modelo ECS-961 neo
<i>rSt</i>	Reset de los parámetros y recuperación de los valores de fábrica
<i>uP</i>	Copia de los parámetros del controlador a la llave de configuración realizada con éxito
<i>da</i>	Envío de los parámetros de la llave de configuración para el controlador realizado con éxito
<i>LOC</i>	Teclas bloqueadas

DESCARTE CORRECTO

- A fin de garantizar que la basura electrónica no cause problemas como la contaminación y polución del medio ambiente es importante descartar de forma correcta sus equipamientos;
- Para evitar la contaminación del suelo con los componentes presentes en estos materiales, lo ideal es la reciclaje específica de este tipo de producto;
- Es importante resaltar que este tipo de residuo no debe ser descartado en un basurero común y/o envueltos en plásticos o periódicos;
- Al descartar material electrónico de la manera correcta, además de la preservación, permite la reutilización o donación de componentes / instrumentos que estén en buenas condiciones de uso;
- Caso necesite orientación de como descartar correctamente este producto, entre en contacto con Elitech a través de nuestro contacto +55 51 3939-8634.

Elitech®

Elitech Latino América

Página Web: www.elitechlatinamerica.com

Correo: brasil@e-elitech.com

Teléfono: +55 51 3939-8634

Canoas- Rio Grande do Sul/Brasil