



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA DESTILADORA DE ETANOL PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO.”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

Autores:

Pesantez Alvarez Carlos Mauricio

Puco Toaquiza Johnny David

Tutor:

Msc. Cruz Panchi Luis Rolando

Latacunga - Ecuador

Septiembre 2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Carlos Mauricio Pesantez Alvarez** y **Johnny David Puco Toaquiza** declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA DESTILADORA DE ETANOL PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO”, siendo el **Msc. Luis Rolando Cruz Panchi** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....

Carlos Mauricio Pesantez Alvarez
C.I. 050300464-0

.....

Johnny David Puco Toaquiza
C.I. 050380630-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA DESTILADORA DE ETANOL PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO”, de **Carlos Mauricio Pesantez Alvarez** y **Johnny David Puco Toaquiza**, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Septiembre, 2020

El Tutor

Ms.C. Luis Rolando Cruz Panchi

C.C.: 0502595176



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **Carlos Mauricio Pesantez Alvarez** con C.I. **050300464-0** y **Johnny David Puco Toaquiza** con C.I. **0503806309**; con el título de Proyecto de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA DESTILADORA DE ETANOL PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 18 de Septiembre 2020

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ms.C. Segundo Ángel Cevallos Betún

CC:

Lector 2

Ms.C. Luis Miguel Navarrete López

CC:

Lector 3

Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez

CC:



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Septiembre, 2020

Ing. Jonathan Dario Pesantez Alvarez

Presente.-

En calidad de cliente confirmo la realización del proyecto, “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA DESTILADORA DE ETANOL PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO**”, de **Carlos Mauricio Pesantez Alvarez** y **Johnny David Puco Toaquiza**, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para mis necesidades, además de pruebas realizadas exitosamente. Se expide el presente para que el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Cliente

Ing. Jonathan Dario Pesantez Alvarez

C.C.: 050331253-0

Cel.: 0999748767

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a nuestros padres, familiares y amigos que nos brindaron el apoyo incondicional durante el transcurso de nuestra prestigiosa carrera universitaria.

A nuestros docentes y amigos institucionales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial a Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas por impartirnos los conocimientos y brindarnos sus experiencias profesionales que fueron de gran importancia para la formación profesional a lo largo de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, sobre todo a nuestro Tutor el Msc. Luis Rolando Cruz Panchi y al Tribunal de lectores como Lector 1 el Msc. Segundo Ángel Cevallos Betún, Lector 2 Msc. Luis Miguel Navarrete López y Lector 3 el Msc. Luigi Orlando Freire Martínez, por la confianza depositada al desarrollo de nuestro trabajo de titulación.

Mauricio P.

DEDICATORIA

Yo Carlos Mauricio Pesantez Alvarez dedico este trabajo a mi madre Martha Alvarez y a mi Padre Carlos pesantez por ser los pilares fundamentales en mi vida, el apoyo que desde niño me han brindado mis abuelos junto a mis hermanos, y en estos últimos años a quien llegaron a formar parte de mi vida como mi sobrina y me querida hija Mileena Pesantez.

A mis queridos compañeros y amigos que juntos llegamos hasta aquí después de todo este tiempo invertido para formarnos como profesionales, con las enseñanzas y experiencias compartidas por nuestros docentes que siempre dieron lo mejor por los futuros profesionales, “muchas gracias infinitamente por todo”

Mauricio P.

ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN BÁSICA	1
2.	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1.	TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.2.	TIPO DE ALCANCE	2
2.3.	ÁREA DEL CONOCIMIENTO:.....	2
2.4.	SINÓPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.5.	OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	2
2.5.1	Objeto de estudio	2
2.5.2	Campo de acción	3
2.6.	SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA	3
2.6.1	Situación problemática:	3
2.6.2	Problema	3
2.7.	HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA	3
2.8.	OBJETIVO(S)	4
2.8.1	Objetivo general	4
2.8.2	Objetivos específicos	4
2.9.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	4
3.	MARCO TEÓRICO	6
3.1.	Introducción.....	6
3.1.1	Antecedentes	6
3.2.	Fermentación alcohólica	7
3.2.1	El etanol	7
3.2.2	Mediciones de grados de alcohol (v/v)- Escala de Gay Lussac	9

3.3.	Destilación.....	10
3.3.1	Tipos de destilación	10
•	Destilación fragmentada.....	10
3.3.2	Destilación por vapor.....	10
3.3.3	Proceso de preparación y destilación:.....	11
3.4.	Propiedades de materiales para alambiques	11
3.4.1	Selección del material y máquina destiladora	14
3.5.	Torre de refrigeración	14
3.6.	Sistema de control.....	15
3.6.1	Control de lazo abierto.....	15
3.6.2	Control lazo cerrado.....	16
3.7.	Controlador.....	17
3.7.1	Controlador lógico programable PLC.....	18
3.7.2	Microcontrolador	20
3.7.3	Sistema de mando software:.....	22
3.8.	Protecciones termos magnéticos Schneider	23
3.9.	Puesta a tierra	23
3.10.	Sistema de mando hardware	24
3.11.	Instrumentación.....	27
3.11.1	Sensores	27
3.11.2	Actuadores.....	29
4.	METODOLOGÍA	37
4.1.	Declaración de variables	37
4.1.1	Operaciones de Variables.....	37
4.1.2	Diagrama causa – efecto	37

4.2.	Descripción del proceso	38
4.2.1	Proceso de fermentación	38
4.3.	Matriz de selección del controlador	39
4.3.1	Placa principal	39
4.3.2	Placa Secundaria.....	40
4.4.	Selección del sistema de control.....	40
4.4.1	Sistema de control lazo cerrado.....	40
4.4.2	Código de programación del microcontrolador Arduino Uno:	41
4.5.	Mecánica	41
4.5.1	Matriz de selección de la máquina destiladora de etanol.....	41
4.5.2	Partes del destilador	42
4.6.	Torre de refrigeración de tiro mecánico.....	43
4.6.1	Área de la torre:	44
4.6.2	Carga de aire:.....	45
4.7.	Diseño de tablero de control.....	46
4.8.	Sistema de fuerza	47
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN D E RESULTADOS	50
5.1.	Análisis del sistema de control de temperatura	50
5.1.1	Análisis con la Cámara Termográfica	50
5.1.2	Análisis de la curva de temperatura – inicio del proceso.....	51
5.1.3	Análisis de la curva de temperatura – durante el proceso.....	51
5.1.4	Análisis de la curva de temperatura – final del proceso	52
5.2.	Control de electroválvula para el quemador	53
5.2.1	Ciclos de trabajo de la electroválvula	53
5.2.2	Eficiencia del combustible en el quemador	53

5.3.	Pruebas a punto con el Sistema de control de temperatura.....	53
5.3.1	Destilación artesanal.....	54
5.3.2	Destilación automatizada.....	56
5.4.	Comparación de la Destilación Promedio.....	58
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	60
6.1.	Presupuestos.....	60
6.2.	Análisis de impactos.....	62
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
8.	REFERENCIAS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Clasificación por sus grados de alcohol	8
Tabla 3.2 Bebidas conocidas	8
Tabla 3.3 Bebidas destiladas	9
Tabla 3.4 Especificaciones de PT100 X8R1/2-2M	27
Tabla 3.5 MAX31865	28
Tabla 3.6 PT100 DS18B20	29
Tabla 3.7 Manual del Generador de alto voltaje HX15E005	30
Tabla 3.8 Electroválvula 2PO25-08.....	30
Tabla 3.9 Bomba de agua HJ-1500.....	32
Tabla 3.10 Ventilador VN-351	32
Tabla 4.1 Operación de variables	37
Tabla 4.2 Matriz de selección del sistema de control	39
Tabla 4.3 Matriz de selección de una máquina destiladora de etanol.....	41
Tabla 4.4 Tablero de Control.....	46
Tabla 5.1 Temperatura máxima en el área de trabajo	50
Tabla 5.2 Pruebas con diferentes rangos de temperaturas	53
Tabla 5.3 Destilación Artesanal.....	54
Tabla 5.4 Destilación Automatizada.....	56
Tabla 5.5 Comparación de las Destilaciones.....	58
Tabla 6.1 Presupuesto de la Máquina Destiladora Automatizada	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Alcoholímetro con escala de Gay Lussac.....	9
Figura 3.2 Proceso de preparación y destilación	11
Figura 3.3 Máquina de elaboración de vino de acero inoxidable 100L destilador de licor más bomba de agua	13
Figura 3.4 Destilador de cobre - 100 litros.....	14
Figura 3.5 Esquema de enfriamiento por vapor	15
Figura 3.6 Control de lazo abierto	16
Figura 3.7 Control lazo cerrado	17
Figura 3.8 Controlador lógico programable PLC	18
Figura 3.9 Arquitectura de un PLC.....	19
Figura 3.10 Microcontrolador Arduino.....	20
Figura 3.11 Arquitectura de un Arduino	21
Figura 3.12 Sistema electrónico de Arduino	22
Figura 3.13 Tablero de control NSYCRN64200-M	25
Figura 3.14 Pulsadores	25
Figura 3.15 Display LCD 1602A.....	26
Figura 3.16 Conector 3P - E (16A).....	27
Figura 3.17 PT100	28
Figura 3.18 Módulo MAX31865	28
Figura 3.19 PT100 DS18B20	29
Figura 3.20 Temporizador Camsco AH3	29
Figura 3.21 Generador de alto voltaje XH15E005	30
Figura 3.22 Electroválvula 2PO25-08	30
Figura 3.23 Tiempo de vida útil de la bobina de la electroválvula.....	31
Figura 3.24 Bomba de agua HJ-1500	32
Figura 3.25 Ventilador VN-351.....	32
Figura 3.26 Relé Camsco	33
Figura 3.27 Diagrama de bloques de una fuente de alimentación lineal	34
Figura 3.28 Fuente de alimentación 110v - 12v (5A).....	34
Figura 3.29 Pilas en serie	35

Figura 3.30 Pilas en paralelo	35
Figura 3.31 Tubería EMT 1/2.....	36
Figura 4.1 Diagrama Causa - Efecto.....	38
Figura 4.2 Microcontrolador Arduino Uno	40
Figura 4.3 Placa Secundaria - Control de actuadores y módulos de conversión.....	40
Figura 4.4 Quemador de hierro fundido.....	42
Figura 4.5 Matraz de acero inoxidable 304 de 100 Litros	43
Figura 4.6 Tubería para vapor de acero inoxidable 304	43
Figura 4.7 Condensador de tubería interna recta.....	43
Figura 4.8 Almacenador de agua de 200 Litros.....	45
Figura 4.9 Torre de refrigeración de tiro mecánico	46
Figura 4.10 Tablero de control	46
Figura 4.11 Interruptor Termomagnético Easy9 C16 y C20.....	48
Figura 4.12 Fuente de alimentación 4.8v y 2A	49
Figura 5.1 Temperatura máxima en el área de trabajo.....	50
Figura 5.2 Grados de alcohol promedio - Artesanal.....	55
Figura 5.3 Grados de alcohol promedio - Automatizado.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 5.1 Torre de enfriamiento - Disipación de calor.	50
Gráfica 5.2 Inicio del proceso - Aumento de temperatura	51
Gráfica 5.3 Proceso - Set Point.....	51
Gráfica 5.4 Proceso - PT100 1 y 2 Recolección de datos	52
Gráfica 5.5 Final del proceso.....	52
Gráfica 5.6 Destilación Artesanal Promedio (v/v)/ml	55
Gráfica 5.7 Destilación Artesanal Promedio min/ml.....	55
Gráfica 5.8 Destilación Automatizada Promedio (v/v)/ml.....	57
Gráfica 5.9 Destilación Automatizada Promedio min/ml	57
Gráfica 5.10 Comparación de las Destilaciones Promedios (v/v)/ml.....	58
Gráfica 5.11 Comparación de las Destilaciones Promedios min/ml	59

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA DESTILADORA DE ETANOL PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO”

Autores: Carlos Mauricio Pesantez Alvarez y Johnny David Puco Toaquiza

RESUMEN

EL siguiente trabajo trata de la implementación de una máquina automatizada destiladora de etanol para disminuir el tiempo del proceso y mejorar la calidad del producto, investigando sobre los procesos de obtención del etanol se determinaron los parámetros para el control de la máquina, se encontró que fue uno de los primeros productos fermentados orgánicos sintéticos empleados por el hombre, con la indagación sobre el proceso de destilación nos dice como separar líquidos como el etanol del mosto por evaporación y condensación con el punto de ebullición del etanol que es 78.4°C, remplazando la operación manual del hombre con tecnología industrial, con la implementación de instrumentación de automatización y un microcontrolador Arduino Uno, sensores y actuadores que mediante un sistema de control de temperatura lazo cerrado, para monitorear y operar el proceso y producción del etanol de corazón de (60 a 80) v/v, una vez realizada la automatización se realizó pruebas de puesta a punto del rango temperatura óptima para la producción continua y la optimización de recursos, dando como resultado el aumento de calidad de grados de alcohol en un 10%, la optimización del combustible en 60% y una disminución del tiempo de recolección del 20%, concluyendo así la efectividad de la automatización sobre los procesos artesanales.

Palabras clave: Fermentación, Destilación, Ebullición, Condensación, Grados de alcohol, Industrialización, Arduino, Automatización, Sistema de control, Sensores y Actuadores.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED ETHANOL DISTILLER MACHINE TO REDUCE PROCESS TIME AND IMPROVE PRODUCT QUALITY"

Authors: Carlos Mauricio Pesantez Alvarez y Johnny David Puco Toaquiza

ABSTRACT

The following work deals with the implementation of an automated ethanol distillation machine to reduce the process time and improve the quality of the product, investigating the processes for obtaining ethanol, the parameters for the control of the machine were determined, found to be one of the first synthetic organic fermented products used by man, with the inquiry about the distillation process it tells us how to separate liquids such as ethanol from the must by evaporation and condensation with the boiling point of ethanol which is 78.4 °C, replacing the manual operation of man with industrial technology, with the implementation of automation instrumentation and an Arduino Uno microcontroller, sensors and actuators that through a closed loop temperature control system, to monitor and operate the process and production of core ethanol from (60 to 80) v / v, once the automation was carried out, tests were carried out to set the optimum temperature range for continuous production and optimization of resources, resulting in an increase in the quality of alcohol degrees by 10%, the optimization of fuel by 60% and a decrease in the collection time of 20%, thus concluding the effectiveness of automation on artisanal processes.

Keywords: Fermentation, Distillation, Boiling, Condensation, Degrees of Alcohol, Industrialization, Arduino, Automation, Control System, Sensors and Actuators.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, **Carlos Mauricio Pesantez Alvarez y Johnny David Puco Toaquiza**, cuyo título versa **“IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED ETHANOL DISTILLATION MACHINE TO REDUCE PROCESS TIME AND IMPROVE PRODUCT QUALITY”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Septiembre del 2020

Atentamente,

Lcdo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg. C.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 172241757-1



DISEÑO DE LA PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR: Pesantez Alvarez Carlos Mauricio

Puco Toaquiza Johnny David

TEMA APROBADO: Implementación de una máquina automatizada destiladora de etanol, para disminuir el tiempo del proceso y mejorar la calidad del producto.

CARRERA: Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA: Msc. Luis Cruz.

EQUIPO DE TRABAJO: Pesantez Carlos

Puco Johnny.

LUGAR DE EJECUCIÓN: Zona 3 centro, Cotopaxi, Latacunga, Eloy Alfaro.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA: 19 semanas.

FECHA DE ENTREGA: 18 de septiembre del 2020

LÍNEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

PROCESOS INDUSTRIALES

Las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN

2.- Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA: La máquina destiladora de etanol, pretende implementar tecnología con la que se controle la temperatura automáticamente de tal manera que se pueda destilar etanol de mejor calidad en un tiempo menor al cual se lo realiza de manera artesanal.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Implementación de una máquina automatizada destiladora de etanol, para el mejoramiento en la calidad del proceso y la producción en la provincia de Cotopaxi, cantón de Latacunga, parroquia Eloy Alfaro.

2.2. TIPO DE ALCANCE

Desarrollo: El proyecto consta de etapas de selección e implementación de elementos e instrumentos de control de electroválvula y temperatura para la destilación automatizada de etanol.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

3306.02 Aplicaciones Eléctricas

3311.01 Tecnología de la Automatización

3311.02 Ingeniería de Control

3311.07 Instrumentos Electrónicos

2.4. SINÓPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

La aplicación de un sistema de automatización en una máquina destiladora de etanol en el que se controlará sensores de temperatura y electroválvula para g/p, mediante un sistema de control todo o nada, con el que se pretende destilar etanol de una forma más factible y de esta manera mejorar la calidad de producción del etanol.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1 Objeto de estudio

La máquina destilador de etanol

2.5.2 Campo de acción

Uso de un sistemas de control de temperatura para producción de etanol

2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1 Situación problemática:

El proceso artesanal para la elaboración de etanol (alcohol etílico) en los conocidos destiladores artesanales, involucra que el proceso se lo realiza de forma manual; lo que no evita el factor de error humano; la gran demanda que tiene este producto ha llevado a que la producción suba de forma empírica (por experiencia propia), con procesos erróneos de fermentación y destilación, equipos inadecuados en la producción de etanol.

El etanol tiene un gran factor de demanda determinante que relaciona varios aspectos como: cultural, económico, social. Sin fijarse en un registro sanitario o higiene del proceso y la producción de etanol.

2.6.2 Problema

El elevado tiempo de producción de etanol en la forma artesanal, además la falta de un sistema de control de temperatura que influye en la baja calidad del producto por la presencia de agua en el etanol debido al factor de error humano.

2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

La implementación de un sistema de control de temperatura de lazo cerrado en una máquina destiladora de etanol, permitirá mejorar la calidad del producto, además de una eficiencia del combustible gas GLP.

2.8. OBJETIVO(S)

2.8.1 Objetivo general

Implementar una máquina automatizada destiladora de etanol, a través de la programación de Arduino y lazo cerrado mediante set point, para el mejoramiento de la calidad de producto en la provincia de Cotopaxi, cantón de Latacunga, parroquia Eloy Alfaro.

2.8.2 Objetivos específicos

- 1 Determinar el proceso de producción del etanol.
- 2 Definir la capacidad del destilador.
- 3 Diseñar un sistema de control de temperatura.
- 4 Realizar pruebas de rendimiento en la máquina destiladora.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

OBJETIVOS	TAREAS - ACTIVIDADES
Determinar el proceso de producción del etanol.	<ol style="list-style-type: none">1. Revisión de fuentes bibliográficas y trabajos antecedentes.2. Indagar sobre los diferentes tipos de máquinas destiladoras de etanol.3. Determinar las partes y materiales de un destilador.4. Determinar la capacidad, temperatura y tiempos de producción.
Definir la capacidad del destilador.	<ol style="list-style-type: none">1. Definir el proceso de producción del etanol.2. Determinar la capacidad del matraz.3. Determinar la capacidad del condensador.4. Determinar la capacidad de la torre de enfriamiento.

<p>Diseñar un sistema de control de temperatura.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el lazo control. 2. Determinar los tipos de controladores. 3. Determinar la instrumentación. 4. Determinar los parámetros de ajuste y calibración.
<p>Realizar pruebas de rendimiento en la máquina destiladora.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Valorar la calidad de producción. 2 Cuantificar los tiempos de producción. 3 Promediar la producción total en base a la clasificación del etanol.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Introducción

La necesidad humana de facilitar el trabajo al hombre nos lleva a la revolución industrial con implementación de tecnología autónoma en las máquinas, la innovación en las tareas repetitivas lograr cambiar el esfuerzo laboral por una supervisión del proceso.

La innovación y renovación de las tecnologías industriales para procesos de automatización con fines de mejorar la producción y calidad para entrar en un mercado competitivo con producción autónoma a bajo costo eliminando la etapa manual del proceso.

En el siguiente capítulo se determinara el proceso de fermentación y destilación para la producción de etanol a base de caña de azúcar, el tipo de destilación que se va a emplear para separar el alcohol del agua investigando los puntos de ebullición, cuenta con gran importancia por ser una materia prima multidisciplinar según su calidad en grados de alcohol (v/v) como en el ámbito social – alcohol etílico, en la medicina – alcohol antiséptico y en la industria – combustible Gasol.

Los materiales de que están formados los destiladores para determinar la selección de la máquina destiladora de etanol apropiada a la que posteriormente se implementara un tipo de sistema de control de temperatura con instrumentación y elementos de automatización seleccionados para el control y monitoreo del proceso y producción del alcohol etílico para bebidas alcohólicas.

Se implementara una torre de refrigeración eficiente y amigable con el medio ambiente, el sistema de control y temperatura busca no derrochar el combustible utilizado para crear energía calórica para el matraz más que el necesario para mantener un rango de temperatura constante para la destilación del etanol.

3.1.1 Antecedentes

“La práctica de monocultivo consiste en la plantación de árboles o plantas de la misma especie en grandes extensiones de tierra. En este cantón específicamente en sus comunidades localizadas en el subtrópico o zona media la plantación de caña de azúcar data de hace más de un siglo con el tipo de semilla denominado “piojota” con el pasar de los años otras variedades de semillas de caña de azúcar también se han cultivado en esta zona del país como lo es la “gallinaza”, “conchibina”, y “amarilla” dando así cabida a la aparición del monocultivo en el cantón hace 60 años

aproximadamente, en la última década el principal motivo por el cual se han intensificado estos cultivos es debido a la creciente demanda de materia prima como lo es el etanol para la elaboración de la gasolina “eco país” impulsada por el gobierno.” [1]

“El proyecto se enfoca como interés de país en el artículo número 4 del cambio de la matriz productiva: fomento en las exportaciones de productos nuevos provenientes de actores nuevos, economía popular y solidaria y que incluyan mayor valor agregado en los campos de productos de alimentos frescos y procesados, confección, calzado y turismo. Con el fomento a las exportaciones se busca también diversificar y ampliar los destinos internacionales del país con nuestros productos.” [2]

3.2. Fermentación alcohólica

“La fermentación alcohólica conocida también como fermentación etílica es un proceso biológico realizado por las levaduras o algunas clases de organismos o bacterias, estos organismos se encargan de transformar el azúcar proveniente de cereales, frutas o vegetales en alcohol y dióxido de carbono. La fermentación se produce en ausencia de oxígeno y se utiliza para elaborar muchos productos necesarios como el queso, medicamentos, vinos etc. el alcohol adopta distintas formas y se puede utilizar como limpiador, antiséptico o sedante.

Una causa de que el proceso de fermentación se detenga es la graduación alcohólica por la resistencia de la levadura al etanol por lo que el alcohol fermentado no posee una riqueza alcohólica elevada y mediante un proceso de destilación se purifica esta sustancia.” [3]

3.2.1 El etanol

“Conocido como alcohol etílico es un líquido proveniente de la fermentación, es un compuesto químico orgánico que se extrae del azúcar de cereales frutas o vegetales, es inflamable e incoloro con una densidad relativa de 0,789 a 20°C, es utilizado para la elaboración de productos como resinas, pegamentos, solventes, etc.” [3]

“**La cabeza:** es el destilado procedente de los primeros vapores, aproximadamente el 1 o 2% del total del destilado. Esta fracción, con un alto contenido de alcohol, en la que predominan las flemas, sustancias volátiles excesivamente aromáticas, aunque por lo general se recoge en un recipiente distinto al de la siguiente fracción y, posteriormente, junto a la última se une a la colada de una próxima destilación, hay quienes, considerando que para determinados aguardientes contiene

esteres favorables no lo separan, sino que lo recogen junto a la siguiente fracción denominada corazón.

El corazón: es la fracción del destilado donde los aromas, el alcohol y el agua están más convenientemente proporcionados, por ello se considera el principal del destilado. Su graduación alcohólica, generalmente, **entre 60 y 80**, depende del modo, del ritmo y del tiempo de la destilación a que corresponda.

La cola: como a propio nombre indica, es la fracción final del destilado. Es donde prevalecen más sustancias indeseables y una gran proporción de agua; al no tener valor por sí sola se une a la colada de una próxima destilación, junto a la cabeza si fuera el caso.” [4]

Tabla 3.1 Clasificación por sus grados de alcohol

Cabeza	Corazón	Cola
93 - 81	80 - 60	59 - 50

Bebidas fermentadas: “Se conocen como bebidas fermentadas aquellas que han pasado solamente por el proceso de fermentación por lo que poseen poca concentración alcohólica.” [4]

Tabla 3.2 Bebidas conocidas

Producto	Origen
Vino	Uva
Sidra	Manzana
Vino de fruta	Frutas diversas
Sake	Arroz
Hidromiel	Miel
Cerveza	Cereales
Pulque	Magüey

Fuente: [3]

Bebidas destiladas: “Las bebidas destiladas son aquellas que han sido sometidas a un proceso de destilación luego de haber pasado por el proceso de fermentación, el objetivo principal de la destilación es aumentar la concentración de alcohol por medio de la separación de otros componentes presentes por la fermentación.

Una vez obtenida la bebida destilada puede ser o no sometido a un proceso de envejecimiento para mejorar la calidad del producto.” [4]

Tabla 3.3 Bebidas destiladas

Producto	Origen
Pisco, Grappa , Brandy	Uva
Ron, Cachaza	Caña de azúcar
Cocuy	Maguey
Whisky escocés	Cebada
Whisky americano	Maíz
Ginebra	Enebro
Vodka	Papa

Fuente: [3]

3.2.2 Mediciones de grados de alcohol (v/v)- Escala de Gay Lussac

“La escala de Gay Lussac GL consta de 100 divisiones y cada una corresponde al tanto por ciento de alcohol que contiene el líquido medido, tiene la ventaja que nos permite conocer directamente el porcentaje de alcohol de una disolución alcohólica.” [3]

“En su gran mayoría el Gay Lussac es la escala que más se utiliza para medición de alcohol en un líquido debido a su facilidad de medición y es la más utilizada en América Latina.” [3]



Figura 3.1 Alcoholímetro con escala de Gay Lussac

Fuente: [3]

3.3. Destilación

“Como ya se mencionó la destilación ayuda a la separación de sustancias mediante calentamiento para luego condensar la sustancia más volátil mediante enfriamiento. Pero las sustancias poseen diversas propiedades tanto físicas como químicas y son estas propiedades las que se deben tomar en cuenta antes de querer purificar una determinada sustancia.

Durante la historia de la humanidad se han desarrollado diversas técnicas de destilación para la purificación de sustancias según sus propiedades, estas técnicas se las detalla a continuación.” [3]

3.3.1 Tipos de destilación

- Destilación fragmentada
- Destilación por vapor
- Destilación al vacío
- Destilación molecular centrífuga
- Sublimación
- Destilación destructiva

3.3.2 Destilación por vapor

“La destilación por vapor se basa en el equilibrio de líquidos inmiscibles, esta destilación se emplea para separar las sustancias que se encuentran en una mezcla y que poseen un punto de ebullición muy alto.

Este proceso de destilación se emplea cuando existe o se cumple los siguientes parámetros:

- Volátiles
- Inmiscibles en agua
- Presión de vapor baja
- Punto de ebullición alto

Cuando se quiere destilar una mezcla de dos líquidos inmiscibles, el punto de ebullición requerido será una temperatura a la cual la suma de sus presiones de vapor es igual a la atmosférica. Esta temperatura deberá ser inferior al punto de ebullición del componente más volátil.

En definitiva la destilación por vapor es un proceso utilizado para separar sustancias insolubles en el agua y ligeramente volátiles de otras no volátiles que se encuentran en la mezcla o producto inicial.” [3]

3.3.3 Proceso de preparación y destilación:

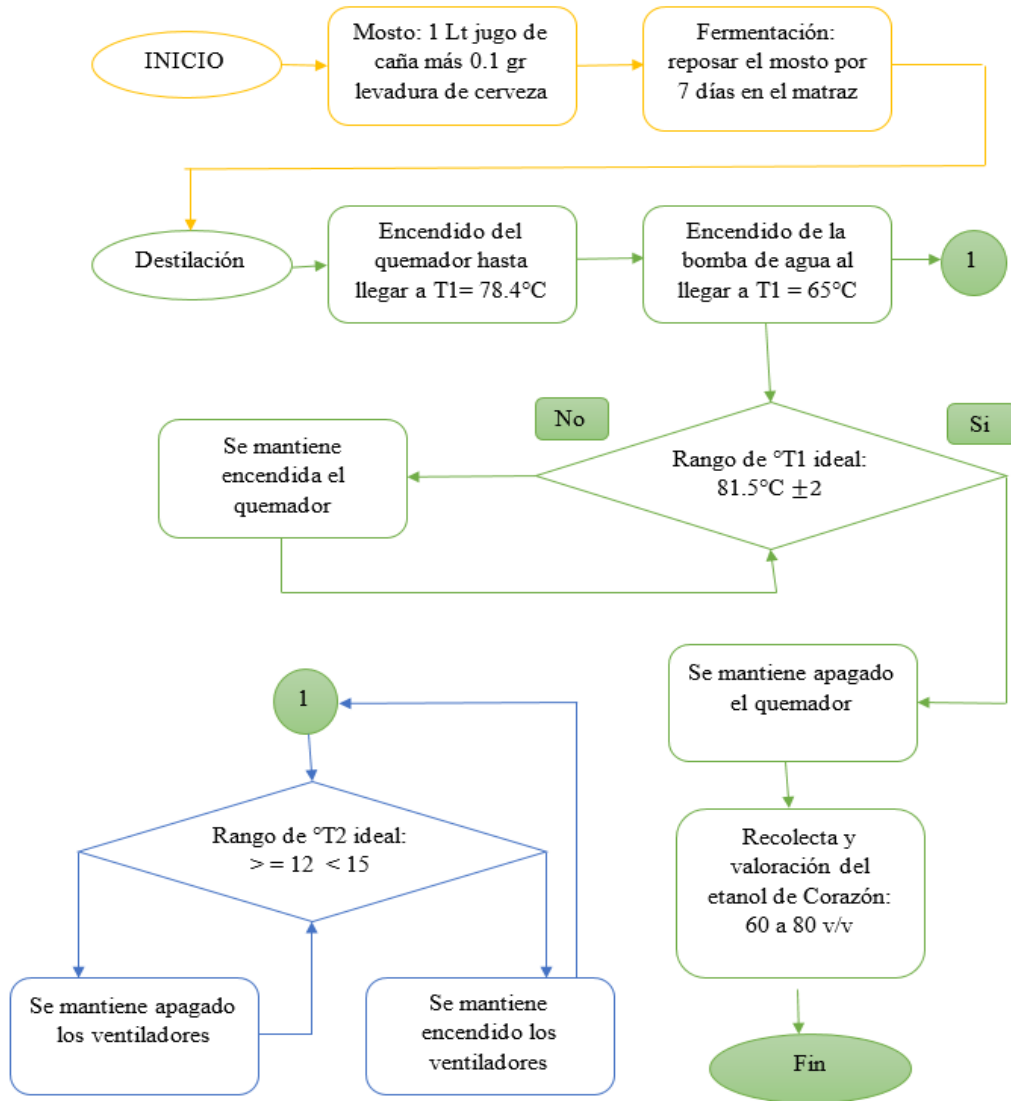


Figura 3.2 Proceso de preparación y destilación

3.4. Propiedades de materiales para alambiques

“**Similitudes entre el acero inoxidable y el cobre:** El acero inoxidable y el cobre son sostenibles: tienen la habilidad de ser reciclados luego de cumplir con su ciclo de vida como un producto específico. El acero inoxidable es uno de los materiales más reciclables y se recicla más que el papel o el vidrio. El cobre tiene la capacidad de ser reciclado una y otra vez sin perder su desempeño.

Ambos materiales pueden adquirir formas y estirarse en superficies complejas e intrincadas sin romperse. El acero inoxidable y el cobre tienen sus propias cualidades, pero tienen beneficios únicos que los dueños de casa seguramente apreciarán.

Estos productos son ideales en aplicaciones internas y externas gracias a que pueden soportar los elementos de la naturaleza sin deteriorarse o agrietarse, en comparación a otros componentes tradicionales que están expuestos al aire libre.

Diferencias entre el acero inoxidable y el cobre: encontrar diferencias en estos materiales puede ser difícil porque hay más similitudes que desigualdades. Sin embargo, hay algunos beneficios y desventajas de ambos productos que deberías tomar en cuenta.

Acero inoxidable: es una aleación de hierro con un mínimo de 10.5% de cromo. Mientras más sea la cantidad de cromo, mayor será la resistencia de este metal. Además, puede contener cantidades variables de carbono, silicio, manganeso, níquel y molibdeno para poder lograr otras propiedades útiles.

Ventajas del acero inoxidable

- Los productos de acero inoxidable mantendrán su brillo y color consistente por muchos años. En pocas palabras, tendrán la misma apariencia durante toda su vida útil.
- A menudo, el acero inoxidable es denominado como “indestructible”. Es ligeramente más duradero que el cobre, algo beneficioso en ambientes corrosivos.
- Es fácil de instalar, ya que es ligero y sencillo de manipular o trabajar.
- El acero inoxidable se puede auto regenerar. Por ello, no es necesario que apliques una capa o recubierta para evitar la corrosión o por protección.
- **Es altamente resistente a las manchas y al óxido.**
- Se reconoce al acero inoxidable como un material Premium para aplicaciones marinas debido a su fuerza, dureza y resistencia a la corrosión.
- El más duradero de todos los metales de acero en el mercado.
- El acero inoxidable se utiliza frecuentemente para distintas aplicaciones como las estructuras de edificios y parte de automóviles.

Desventajas del acero inoxidable

- Puede sufrir abolladuras a causa de golpes extremadamente fuertes.

- Puede sufrir manchas de agua cuando no se seca luego de cada uso, aunque limpiar con un poco de vinagre eliminará las manchas.

Precio estimado en la actualidad: 336.39 Dólares



Figura 3.3 Máquina de elaboración de vino de acero inoxidable 100L destilador de licor más bomba de agua

Fuente: [5]

Cobre: fue el primer metal manipulado por los humanos y sigue siendo muy importante en la industria actual. Es el elemento 29 de la tabla periódica y es un metal de transición.

Se ubica como el tercer metal industrial más consumido en el mundo, después del hierro y el aluminio. Alrededor de tres cuartos de este producto se destina a la fabricación de cables eléctricos, cables de telecomunicaciones y a la electrónica en general.

Ventajas del cobre

- El cobre puede durar varias décadas. Con un mínimo de mantenimiento, podría durar más allá de su ciclo de vida.
- Es casi imposible que este metal se oxide. Este metal resiste al óxido solo un poco mejor que el acero inoxidable.
- El cobre está compuesto de propiedades antimicrobianas naturales que repelen el 99.9 % de las bacterias en 2 horas de exposición.
- El cobre tiene la mayor conductividad térmica que cualquier material para la ingeniería.
- Se usa ampliamente para aplicaciones eléctricas, de cableado y tuberías.
- Es un metal dúctil, maleable, no magnético y no produce chispas.

Desventajas del cobre

- Con frecuencia, el cobre es más caro que el acero inoxidable. Esto puede cambiar según el valor actual del mercado, pero normalmente se paga un promedio de 25% más por este metal.

- El mantenimiento del cobre demanda un poco más de tiempo si quieres conservar su acabado. Se recomienda utilizar un limpiador de cobre para este propósito.
- Es altamente reactivo. Puede reaccionar a ciertas sustancias (ácidos), pero puede restaurarse.
- Forma óxido de cobre en su superficie, el cual es tóxico y venenoso.
- El cobre producirá pátina de forma natural con el tiempo. Muchos clientes aman la apariencia única del cobre y de la pátina, pero para algunos esto puede ser representar una desventaja. Muchos factores afectan el proceso de pátina, incluido el agua, la humedad y los productos de baño. Los colores de la pátina pueden variar de marrón, rosado, verde e, incluso, turquesa.
- El cobre y sus principales aleaciones arquitectónicas son metales relativamente activos que, cuando se dejan sin protección, tienden a oxidarse a causa de la humedad y el agua.” [6]

3.4.1 Selección del material y máquina destiladora

Precio estimado en la actualidad: 1595.32 Dólares



Figura 3.4 Destilador de cobre - 100 litros

Fuente: [7]

3.5. Torre de refrigeración

“Las torres de enfriamiento utilizan el calor latente de evaporación de los líquidos para enfriarlos. El proceso es fácilmente explicable de la siguiente manera: cuando un líquido a cierta temperatura T_L , entra en contacto con un gas inerte a temperatura T_G más baja que T_L , la película de líquido que está en contacto directo con él líquido se evapora. Para que este líquido pueda cambiar de fase, necesita obtener energía de algún lugar disponible; la fuente más cercana es el seno del líquido, así que, al tomar esa energía baja la temperatura del líquido. Este es el principal proceso de los

enfriadores por evaporación tal como se muestra en la figura, Lo más importante para lograr un enfriamiento efectivo es aumentar el área de contacto entre el gas y el líquido, la forma más eficiente de hacerlo es fraccionar el agua en la mayor cantidad de gotas posibles. Sin embargo se debe tener cuidado de no reducir el tamaño demasiado porque entonces estas gotas pueden ser acarreadas por la corriente de aire que atraviesa la torre con la consiguiente pérdida de agua del sistema.” [8]

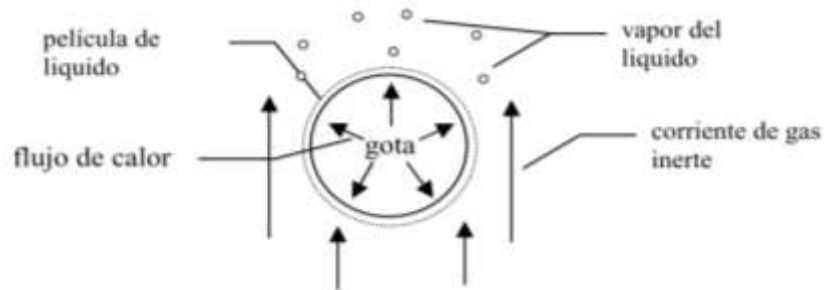


Figura 3.5 Esquema de enfriamiento por vapor

Fuente; [8]

Ecuación para calcular el área de la torre:

$$\text{Área torre} = \frac{\text{carga total}}{\text{carga agua diseño}} \quad (3.1)$$

Ecuación para calcular la carga de aire:

$$\text{Carga aire diseño} = G * \text{Carga agua diseño} \quad (3.2)$$

3.6. Sistema de control

3.6.1 Control de lazo abierto

“Los sistemas de control de lazo abierto son aquellos en los cuales la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control).

Estos tipos de sistema no tienen retroalimentación por lo que su control sería efectuado para sistemas en los cuales no existan perturbaciones y de ser así el control no sería el adecuado. Los sistemas de lazo abierto poseen las siguientes características:

- No se compara la salida del sistema con otro valor o referencia. ?
- Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.

- La exactitud de la salida del sistema depende del proceso que realice el controlador. ? En presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.
- El control en lazo abierto suele aparecer en dispositivos con control secuencial, debido a que no poseen retroalimentación

El sistema de control de lazo abierto no es suficiente para controlar un sistema en la cual existan perturbaciones debido a que su control no es completo. Estos sistemas son los más sencillos, la acción del controlador es independiente de la salida controlada de la planta. Así, los sistemas de control de lazo abierto están compuestos únicamente por el controlador, la planta, la entrada de referencia al controlador, la señal de control de la planta y la salida controlada.” [3]

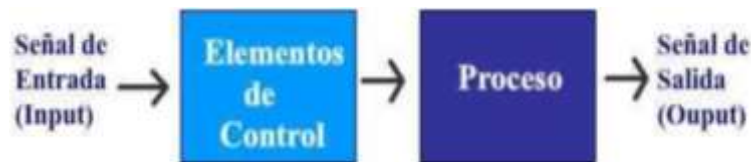


Figura 3.6 Control de lazo abierto

Fuente: [3]

3.6.2 Control lazo cerrado

“Los sistemas de control de lazo cerrado son aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control). Estos sistemas de control poseen retroalimentación y pueden controlar cualquier tipo de perturbaciones con ayuda de la señal de sensores las cuales realizan el ciclo repetitivo en el proceso.

Generalmente este tipo de sistemas son completos ya que poseen dispositivos de entrada, dispositivos de salida, controlador y retroalimentación por medio de sensores que sirven para comparar la señal de entrada con la de salida.

La toma de decisiones del sistema no depende sólo de la entrada sino también de la salida.

El sistema es más flexible y capaz de reaccionar si el resultado que está obteniendo no es el esperado, generalmente llamamos robots a un sistema de lazo cerrado debido a su capacidad de reaccionar frente a alguna perturbación.” [3]

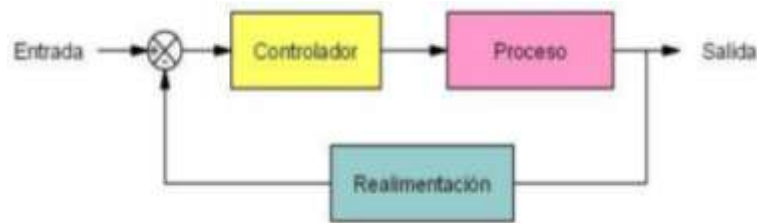


Figura 3.7 Control lazo cerrado

Fuente: [3]

“Las características que se pueden destacar en un control de lazo cerrado son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas

Generalmente un sistema de control de lazo cerrado posee:

- Señal de entrada
- Comparador
- Elementos de control Proceso
- Señal de salida
- Sensor (retroalimentación)” [3]

3.7. Controlador

Existen controladores o PLC y microcontroladores o Arduino que tiene grandes similitudes y diferencias que serán comparadas para realizar una selección del controlador para el sistema de control de temperatura.

“El advenimiento de Arduino y las puntuaciones de otros tableros basados en microcontroladores en los últimos tiempos ha aumentado el interés en los sistemas integrados, abriendo el mundo de los microcontroladores a un gran número. Esto no solo ha aumentado el número de usuarios de microcontroladores, sino que también ha aumentado el alcance y las aplicaciones en las que se utilizan.” [9]

3.7.1 Controlador lógico programable PLC



Figura 3.8 Controlador lógico programable PLC

Fuente: [9]

“Un controlador lógico programable (PLC) es simplemente un dispositivo de computación de propósito especial diseñado para uso en sistemas de control industrial y otros sistemas donde la confiabilidad del sistema es alta.

Precio estimado en la actualidad: 169.99 dólares

Inicialmente, se desarrollaron para reemplazar los relés, secuencias y temporizadores cableados utilizados en el proceso de fabricación por la industria de la automatización, pero hoy en día se han escalado y están siendo utilizados por todo tipo de procesos de fabricación, incluidas líneas basadas en robots. En estos días, es probable que no haya una sola fábrica en el mundo que no tenga una máquina o equipo funcionando en PLC's. El motivo principal de su amplia adopción y uso se puede encontrar profundamente arraigado en su robustez y capacidad para soportar el manejo y el entorno rudo asociado con la fabricación de pisos. También son un buen ejemplo de sistemas operativos en tiempo real, ya que tienen una gran capacidad para producir salidas a entradas específicas en un período de tiempo muy corto, lo cual es un requisito clave para la configuración industrial pues un segundo retraso podría interrumpir toda la operación.” [9]

Arquitectura de PLC's: “Los PLC generalmente se pueden denominar microcontroladores de alto nivel. Están esencialmente compuestos por un módulo de procesador, la fuente de alimentación y los módulos de E / S. El módulo del procesador consta de la unidad central de procesamiento (CPU) y la memoria. Además de un microprocesador, la CPU también contiene al menos una interfaz a través de la cual se puede programar (USB, Ethernet o RS232) junto con las redes de comunicación. La fuente de alimentación suele ser un módulo separado, y los módulos de E / S están separados del procesador. Los tipos de módulos de E / S incluyen módulos discretos (encendido / apagado),

analógicos (variables continuas) y especiales como control de movimiento o contadores de alta velocidad. Los dispositivos de campo están conectados a los módulos de E / S.

Dependiendo de la cantidad de módulos de E / S que posea el PLC, pueden estar en el mismo gabinete que el PLC o en un gabinete separado. Ciertos PLC pequeños, llamados nano / micro PLC, generalmente tienen todas sus partes, incluida la alimentación, el procesador, etc., en el mismo gabinete.” [9]

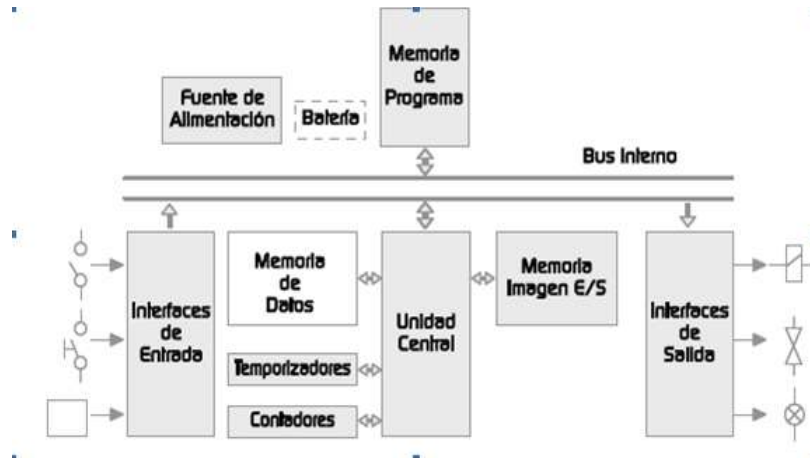


Figura 3.9 Arquitectura de un PLC

Fuente: [9]

Interface PLC: “Los PLC están diseñados de manera estándar para interactuar con sensores de grado industrial, actuadores y módulos de comunicación y, por lo tanto, reciben valores de corriente y voltaje que a menudo son incompatibles con los microcontroladores sin hardware adicional.

Suelen utilizar Ethernet y varias variaciones de la serie RS-serial como RS-232, RS-485 para la comunicación. La llegada de la IoT hoy en día, está creando un aumento en la cantidad de dispositivos PLC conectados capaces de transmitir datos a través de interfaces de comunicación inalámbricas.

Como se mencionó anteriormente, vienen en diferentes tamaños, desde dispositivos pequeños (con pocos pines / módulos de E / S), que se denominan bloques de construcción, a grandes PLC gigantes montados en bastidores con cientos de E / S.” [9]

Rendimiento, robustez y fiabilidad del PLC: “Este es, con mucho, el punto en el que el PLC se distingue más. Como se mencionó inicialmente, el PLC se diseñó para su uso en configuraciones industriales y, por lo tanto, se fortaleció para poder soportar varias condiciones adversas asociadas con ese entorno, como rangos de temperaturas extremas, ruido eléctrico, manejo brusco y gran

cantidad de vibraciones. Los PLC también son un buen ejemplo de sistema operativo en tiempo real debido a su capacidad para producir salidas en el menor tiempo posible después de evaluar una entrada. Esto es muy importante en el sistema industrial, ya que la sincronización es una gran parte de la planta / proceso de fabricación.” [9]

3.7.2 Microcontrolador

Por otro lado, los microcontroladores son pequeños dispositivos informáticos en un solo chip que contienen uno o más núcleos de procesamiento, con dispositivos de memoria integrados junto con puertos programables de entrada y salida (E / S) para fines generales y especiales. Se utilizan en todo tipo de dispositivos del día a día, especialmente en aplicaciones donde solo es necesario realizar tareas repetitivas específicas. Por lo general, están vacíos y no se pueden usar como dispositivos independientes sin las conexiones necesarias. A diferencia de los PLC, no tienen interfaces como la pantalla y los conmutadores integrados, ya que generalmente solo tienen GPIO a los que se pueden conectar estos componentes.

Precio estimado en la actualidad: 15 dólares



Figura 3.10 Microcontrolador Arduino

Fuente: [9]

Arquitectura del microcontrolador: “La arquitectura de PLC descrita anteriormente es algo similar a los microcontroladores en términos de constituyentes, pero el microcontrolador implementa todo en un solo chip, desde la CPU hasta los puertos de E / S y las interfaces necesarias para la comunicación con el mundo exterior.

Al igual que el microcontrolador tiene una arquitectura diversa, desde la arquitectura AVR a la arquitectura 8051, los PLC también tienen variaciones en su diseño que admiten la configuración y el deseo de un fabricante en particular, pero en general, todos se adhieren al estándar de la

industria (IEC 61131-3) para PLC. . Este estándar fomenta la interoperabilidad entre módulos y partes.” [9]

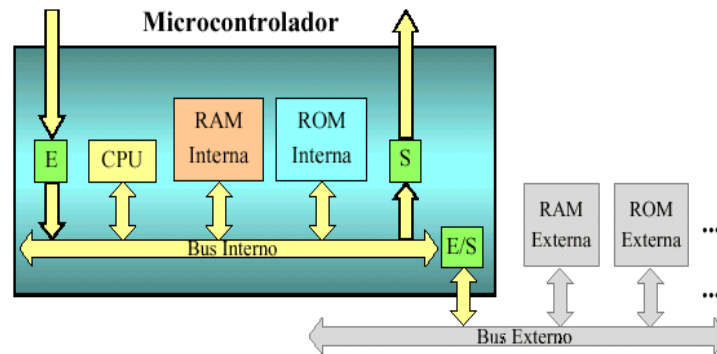


Figura 3.11 Arquitectura de un Arduino

Fuente: [9]

Interface del microcontrolador: “También tienen sensores, actuadores y módulos diseñados para satisfacer sus necesidades específicas que pueden ser difíciles de conectar con un PLC. Sin embargo, generalmente están diseñados para manejar el procesamiento de solo unos 100 IO. Si bien se pueden explorar varias técnicas para aumentar las IO del microcontrolador, esto todavía es posible con PLC y, por lo tanto, no es exclusivo de los microcontroladores, además del hecho de que aumenta todo el presupuesto del proyecto.” [9]

Rendimiento, robustez y fiabilidad del Microcontroladores: “Son menos resistentes. Por diseño, no fueron diseñados para funcionar como dispositivos independientes como PLC. Fueron diseñados para ser integrados en un sistema. Esto proporciona una explicación para su apariencia menos robusta en comparación con los PLC. Por estos motivos, los microcontroladores pueden fallar cuando se implementan en ciertos escenarios, ya que los chips son frágiles y pueden dañarse fácilmente.” [9]

“Una placa hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembra (los cuales están unidos internamente a las patillas de E/S del microcontrolador) que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores.

El objetivo del hardware libre es, por lo tanto, facilitar y acercar la electrónica, la robótica y en definitiva la tecnología actual a la gente, no de una manera pasiva, meramente consumista, sino de manera activa, involucrando al usuario final para que entienda y obtenga más valor de la tecnología actual e incluso ofreciéndole la posibilidad de participar en la creación de futuras tecnologías. Básicamente, el hardware abierto significa tener la posibilidad de mirar qué es lo que hay dentro

de las cosas, y que eso sea éticamente correcto. Permite, en definitiva, mejorar la educación de las personas. Por eso el concepto de software y hardware libre es tan importante, no solo para el mundo de la informática y de la electrónica, sino para la vida en general.” [10]

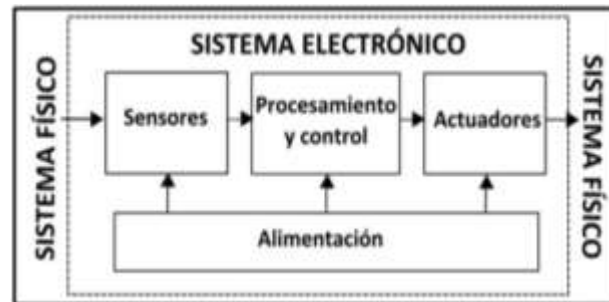


Figura 3.12 Sistema electrónico de Arduino

Fuente: [10]

Control de actuadores y módulos de conversión: “Los sensores obtienen información del mundo físico externo y la transforman en una señal eléctrica que puede ser manipulada por la circuitería interna de control. Existen sensores de todo tipo: de temperatura, de humedad, de movimiento, de sonido (micrófonos), etc.

Los actuadores transforman la señal eléctrica acabada de procesar por la circuitería interna en energía que actúa directamente sobre el mundo físico externo. Ejemplos de actuadores son: un motor (energía mecánica), una bombilla (energía lumínica), un altavoz (energía acústica), etc.” [10]

3.7.3 Sistema de mando software:

Un software (más en concreto, un “entorno de desarrollo”) gratis, libre y multiplataforma (ya que funciona en Linux, MacOS y Windows) que debemos instalar en nuestro ordenador y que nos permite escribir, verificar y guardar (“cargar”) en la memoria del microcontrolador de la placa Arduino el conjunto de instrucciones que deseamos que este empiece a ejecutar. Es decir: nos permite programarlo. La manera estándar de conectar nuestro computador con la placa Arduino para poder enviarle y grabarle dichas instrucciones es mediante un simple cable USB, gracias a que la mayoría de placas Arduino incorporan un conector de este tipo.

Un programa es software libre si los usuarios tienen todas estas libertades. Así pues, el software libre es aquel software que da a los usuarios la libertad de poder ejecutarlo, copiarlo y distribuirlo (a cualquiera y a cualquier lugar), estudiarlo, cambiarlo y mejorarlo, sin tener que pedir ni pagar

permisos al desarrollador original ni a ninguna otra entidad específica. La distribución de las copias puede ser con o sin modificaciones propias, y atención, puede ser gratis ¡o no!: el "software libre" es un asunto de libertad, no de precio. [10]

Lenguaje de programación del microcontrolador Arduino Uno: “Por “lenguaje de programación” se entiende cualquier idioma artificial diseñado para expresar instrucciones (siguiendo unas determinadas reglas sintácticas) que pueden ser llevadas a cabo por máquinas. Concretamente dentro del lenguaje Arduino, encontramos elementos parecidos a muchos otros lenguajes de programación existentes (como los bloques condicionales, los bloques repetitivos, las variables, etc.), así como también diferentes comandos –asimismo llamados “órdenes” o “funciones” – que nos permiten especificar de una forma coherente y sin errores las instrucciones exactas que queremos programar en el microcontrolador de la placa. Estos comandos los escribimos mediante el entorno de desarrollo Arduino.” [10]

3.8. Protecciones termos magnéticos Schneider

“Los interruptores termomagnéticos Multi9 protegen contra fallas de cortocircuito y sobrecarga por medio del uso de la tecnología de limitación de corriente, que permite tener este tipo de protecciones en sistemas desde 0.5 A hasta 125 A; así mismo, su tecnología de corte con cámara de arco.

Aplicaciones típicas: Protección de sistemas eléctricos desde residencial hasta comercial y terciario Fabricantes de equipo original, Tableristas e Integradores.” [11]

Son dispositivos interruptores de corriente, que se activan ante la presencia de un corto circuito detectando el incremento de temperatura provocados por el mismo, el cual abre el contacto magnético lo que deja al sistema a salvo.

Corriente de arranque de la bomba es tres veces la corriente nominal:

$$I_{arrq} = 3 * I_n A \quad (3.3)$$

3.9. Puesta a tierra

“El tema de la seguridad de las personas y de las instalaciones comienza a ser obligatorio en todo el mundo. Los conocimientos sobre las correctas prácticas de conexión a tierra son necesarios para asegurar el buen funcionamiento de los equipos, la debida actuación de los sistemas de protecciones

eléctricas. La forma incorrecta de un sistema de puesta a tierra implica desde lesiones menores hasta la muerte de una persona, daños costosos e irreparables a los equipos e infraestructuras físicas.

Las puestas a tierras disminuyen los voltajes de objetos metálicos que se encuentran influenciados por inducciones eléctricas. Es el conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico puntual sin ningún tipo de interrupciones, protecciones como fusibles, interruptores, que conecta los equipos eléctricos con una masa metálica y el terreno.

Al presentarse una falla a tierra o una descarga atmosférica proporciona un camino seguro para la corriente eléctrica de falla y del rayo, cumpliendo el objetivo fundamental de los sistemas de puesta a tierra que es la seguridad de las personas.

El tiempo que una persona puede soportar la circulación de una corriente eléctrica a través de su cuerpo, sin sufrir daño corporal (fibrilación ventricular), es bastante corto y puede ser determinada mediante una ecuación experimental dada en la siguiente ecuación:

$$I_B = \frac{k}{\sqrt{t}} \text{ A} \quad (3.4)$$

Donde:

I_B = Valor eficaz máximo de la corriente a través del cuerpo humano (A)

$k = 0.116 \rightarrow$ Constante empírica para una persona de 50 kg

$k = 0.157 \rightarrow$ Constante empírica para una persona de 70 kg

t = Tiempo de duración de falla (Valores típicos dados por la Norma IEEE 80/2000 [pág. 27], están en el rango de 0.25 seg. a 1 seg.). ” [12]

3.10. Sistema de mando hardware

Tablero de control: “Los gabinetes metálicos NSYCRN están contruídos de forma monobloc con laterales y se integran de una sola pieza perfilada y doblada. La parte posterior, une a los laterales a través de un perfil especial, formando una zona hermética protegida. Está pintado, exterior e interiormente, con resina de poliéster-epoxi color gris claro RAL-7032, texturizado.

Ventajas competitivas: La boca del gabinete en forma de canal impide la entrada de agua, aceite o líquido, garantizando el grado de protección

IP66 La junta de poliuretano garantiza la hermeticidad durante años

Cuenta con una tapa de entrada de cables embutida

Fondo del armario con 4 espárragos soldados para fijación de las placas de montaje

Aplicaciones típicas: Para proteger, cubrir o envolver equipos o aparatos en aplicaciones de control, automatización y distribución.

- Fabricantes de equipo original
- Integradores de sistemas
- Tableristas” [11]

Véase en **Anexo I** Selección de gabinetes **Fuente:** [11]



Figura 3.13 Tablero de control NSYCRN64200-M

Pulsadores: En aplicaciones industriales y comerciales, pulsadores pueden estar conectados entre sí por un enlace mecánico para que el acto de empujar un botón hace que el otro botón para ser puesto en libertad. De esta manera, un botón de parada puede ser un botón de inicio forzar a ser puesto en libertad. [11]

Véase en **Anexo II** Pulsadores industriales **Fuente:** [11]

Los pulsadores puede ser normalmente abierto N.A. o normalmente cerrado N.C. además se identifican con un código de colores para evitar ser accionados por error:



Figura 3.14 Pulsadores

Indicador – Display LCD: Es una pantalla de cristal líquido o LCD es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente

de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica. [13]

Véase en **Anexo III** Especificaciones de Display LCD EL.1602A **Fuente:** [13]



Figura 3.15 Display LCD 1602A

Características:

- 16 caracteres x 2 líneas
- Caracteres de 5x8 puntos
- Tamaño de caracter: 5.23 x 3 mm
- Puede mostrar letras, números, caracteres especiales, y hasta 8 caracteres creados por el usuario
- Backlight de LED color azul
- Caracteres color blanco
- Interface paralela. Puede operar en modo de 8 bits, o de 4 bits para ahorrar pines del microcontrolador
- Posee controlador KS0066U o equivalente on-board (compatible Hitachi HD44780)
- Voltaje de alimentación: 5 V

Conector 3P – E (16): Los enchufes y enchufes industriales de la serie CAMSCO cumplen con las siguientes estándares internacionales: IEC60309-1 y IEC60309-2, EN60309-1 y EN60309-2 También cumplen con las normas: VDE0623, BS4343. [14]

Véase en **Anexo IV** Especificaciones y Parámetros de los conectores **Fuente** [14]

Características y ventajas:

Nivel de protección IP44

- Fabricado con un plástico especial reforzado
- Alta estabilidad térmica
- Alta resistencia mecánica
- Libre de halógenos
- Auto extinguable

- Juntas de caucho o elastómero EPDM estable con el paso del tiempo
- Contactos de latón niquelados
- Excelente resistencia a la corrosión y a la abrasión.

Selección de conectores: los conectores macho y hembra de 4 hilos conecta fase – fase - neutro y tierra a la máquina, un producto certificado.



Figura 3.16 Conector 3P - E (16A)

3.11. Instrumentación

3.11.1 Sensores

PT100 X8R1/2-2M: Este sensor de temperatura pasivo – resistivo tiene una capacidad de censar de -50 a 200°C, con el cual se medirá continuamente la temperatura en el matraz, su señal analógica será envía al módulo donde se convierte a señal digital y así se interpreta por el microcontrolador Arduino para trabajar conjuntamente con la electroválvula de gas que controla el suministro de energía calórica que aporta el quemador al matraz.

Tabla 3.4 Especificaciones de PT100 X8R1/2-2M

Interfaz (hilos)	Temperaturas de trabajo °C	Precisión (+,-)	Resolución (bits)	Componentes externos	Material	Diámetro (mm)	Largo (cm)
3	-50 a 250	5	9 -12	si	Inox	8	10

Fuente: [15]



Figura 3.17 PT100

Módulo conversor MAX31865 para la PT100 X8R1/2-2M: Este módulo es el encargado de convertir una la señal analógica - resistiva que envía el sensor PT100 a una señal digital que va a ser interpretada por el microcontrolador Arduino para el sistema de control.



Figura 3.18 Módulo MAX31865

Tabla 3.5 MAX31865

Voltaje DC (v)	Resolución	Precisión (°C)	Tiempo de	Manejo (ohm)
3-5	15	0,5	21	100-1000
Altura (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Interfaz	Compatibilidad
25	3	28	SPI	2,3,4

Fuente: [16]

PT100 2 hilos: El sensor de temperatura DS18B20 es un sensor digital de temperatura que se conecta al microcontrolador Arduino mediante una resistencia en la placa ya que envía una señal eléctrica directamente mediante una conexión de 2 hilos con capacidad máxima de -50 a100°C, este se encuentra en la torre de refrigeración para el control de temperatura del condensador, mediante el microcontrolador Arduino controla los ventiladores y la bomba de agua.

Tabla 3.6 PT100 DS18B20

Interfaz (hilos)	Temperaturas de trabajo °C	Precisión (+,-)	Resolución (bits)	Componentes externos	Cable Rojo	Cable negro	Cable amarillo
1	-55 a 125	5	9 -12	no	5v	GND	Datos

Fuente: [17]



Figura 3.19 PT100 DS18B20

Fuente: [17]

3.11.2 Actuadores

El temporizador Camsco AH3: se considera un actuador inalámbrico, programado mecánicamente para interrumpir el paso de la corriente lo que provoca una desconexión voluntaria, dotada de un selector para rangos de operación desde 3 segundos hasta 30 horas de trabajo, por esta razón fue seleccionado para ser implementado en el sistema de control.



Figura 3.20 Temporizador Camsco AH3

Véase en los **Anexos V** Posiciones para los rangos de tiempos **Fuente:** [14]

Encendedor HX15E005: El generador de alto voltaje provoca un arco eléctrico el mismo que da el inicio de encendido al gas GLP en el quemador.

Tabla 3.7 Manual del Generador de alto voltaje HX15E005

Voltaje de entrada (v)	Voltaje de salida (v)	Amperaje de entrada (A)	Distancia de descarga	Diámetro (cm)	Largo (cm)
3 a 6	400000	2 a 5	1 a 2	3	6,5

Fuente: [18]



Figura 3.21 Generador de alto voltaje XH15E005

Electroválvula 2PO25-08: La electroválvula normalmente cerrada (N.C.) es de uso certificado para trabajos con gas GLP que es controlado por el microcontrolador Arduino mediante un sistema ON – OFF para el paso del gas GLP al quemador.

Tabla 3.8 Electroválvula 2PO25-08

Valve type	Power type	Frequency (Hz)	Voltage range	Electrical entry	Power Consumption (VA/W)	Insulation	Temp. rise (°C)
2V025	AC	50	± 15 %	Terminal Grommet	7.0VA	Class B	35
2V130		60					
2V250	DC	–	± 10 %		7.0W		45

Fuente: [19]



Figura 3.22 Electroválvula 2PO25-08

Electroválvula – tiempo de vida útil



Figura 3.23 Tiempo de vida útil de la bobina de la electroválvula

Fuente:[20]

Para producir una bobina fiable, su fabricación debe ser conforme con la norma de la CEI 335 para dispositivos eléctricos.

Otro punto a tener en cuenta es que las bobinas estándar están disponibles para las clases de aislamiento E, F y H.

La clase de aislamiento determina la temperatura de funcionamiento máximo de la bobina para una vida específica.

Por ejemplo, según la norma europea de la CEI 335, las bobinas de clase H deben cumplir 20 000 horas a 180 °C, mientras que las de la clase F deben cumplir 20 000 horas a 155 °C.

Sin embargo, de acuerdo con la norma norteamericana UL, deben cumplirse 30 000 horas tanto para la clase H (a 180 °C) como para la F (a 155 °C).

De esta manera, una electroválvula optimizada constará de un cableado de cobre de alto grado, cumpliendo así con las normas globales más estrictas, que incluyen un lacado de aislamiento UL clase H, asegurando una vida útil más larga en situaciones prácticas.

Bomba de agua HJ-1500: La bomba de agua es recomendada por fabricante de la máquina destiladora de 100 litros cuyo caudal es de 1500 litros por hora de agua que serán enviados por el sistema de refrigeración al condensador y retornara por la torre de refrigeración forzada recirculando al agua en el sistema de forma eficiente.



Figura 3.24 Bomba de agua HJ-1500

Tabla 3.9 Bomba de agua HJ-1500

Voltaje (v)	Potencia (W)	Caudal (L/h)	Flujo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Profundidad (cm)
220	25	1500	Variable	12,5	5,5	7,5

Fuente: [21]

Ventiladores VN-351: Los cuatro ventilador plástico de diámetro de 8cm suministra aire forzado adaptado a la torre de refrigeración que son accionados por el microcontrolador Arduino se encienden en 15°C y se apagan en 10°C y así la temperatura promedio del sistema de refrigeración se mantiene en 17.8°C lo cual es ideal para la bomba de agua que trabaja con un máximo de 35°C, el condensador no debe sobrepasar esa temperatura para que se produzca el cambio de estado del etanol.

Tabla 3.10 Ventilador VN-351

Voltaje (v)	Amperaje (mA)	R.P.M	Flujo másico ($\frac{lb}{h} m^3$)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Profundidad (cm)
12	180	2800	2	8	8	2,5

Fuente: [22]



Figura 3.25 Ventilador VN-351

Fuente: [22]

Relé: Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba

Véase en los **Anexos VI** Especificaciones de los relés Camsco **Fuente:** [14]



Figura 3.26 Relé Camsco

Fuentes de alimentación: “Una fuente de alimentación, o power supply, como se la conoce en inglés, es un dispositivo electrónico que adapta la tensión de la red eléctrica de corriente alterna a una tensión de corriente continua filtrada para alimentar todo tipo de equipos en el hogar o en la industria, como pueden ser receptores de TV, equipos hi-fi, ordenadores, sistemas de telefonía, etc. Las fuentes de alimentación pueden ser de dos tipos: 1. Fuentes de alimentación lineales (linear power supplies). 2. Fuentes de alimentación conmutadas (switch mode power supplies). Las primeras son sencillas de diseñar y construir, pero son voluminosas, generan mucho calor y tienen una eficiencia moderada. Las segundas tienen mucho mejor rendimiento y no emiten tanto calor como las de tipo lineal, sin embargo, son más complejas de construir y de mantener, ya que utilizan sofisticados circuitos de control.” [23]

Fuentes de alimentación lineales: “Son fuentes que basan su funcionamiento en la reducción de tensión en un circuito de corriente alterna mediante un transformador y su posterior rectificado y filtrado de la señal obtenida. Este tipo de fuentes están constituidas por diferentes bloques o partes, los cuales se describen a continuación.” [23]

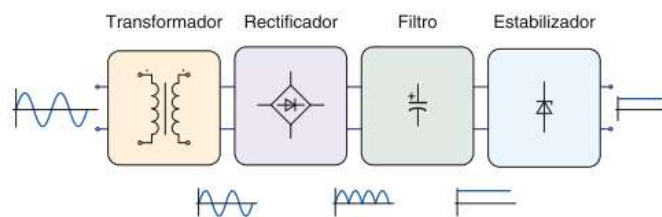


Figura 3.27 Diagrama de bloques de una fuente de alimentación lineal



Figura 3.28 Fuente de alimentación 110v - 12v (5A)

Pilas y baterías: “Las pilas y baterías (también denominadas acumuladores) son generadores químicos de corriente continua que permiten acumular energía eléctrica y usarla en un dispositivo electrónico móvil cuando sea oportuno. Aunque a veces se las denomina de la misma manera, una pila y una batería son dos dispositivos diferentes. La pila no pierde energía si no se usa y, sin embargo, la batería sí lo hace, aunque sus terminales no estén conectados al circuito que alimenta. Además, las baterías son recargables y las pilas no. En cualquier caso, tanto las pilas como las baterías tienen dos terminales polarizados (denominados polos), a los cuales se conecta al circuito de utilización. Las principales características de las pilas y baterías son:

Diferencia de potencial o tensión: es la tensión máxima en voltios que se puede medir entre sus polos.

Corriente: es el valor máximo en amperios (o miliamperios) que es capaz de entregar al circuito.

Resistencia interna: es el valor resistivo en ohmios que presenta ante el paso de la corriente a través de ellas.

Asociación de pilas y baterías: De igual forma que otros dispositivos eléctricos y electrónicos, las pilas y baterías pueden asociarse entre sí para cambiar, en este caso, las características de salida del circuito que forman. Es importante tener en cuenta que para poder realizar la asociación de pilas y baterías, todos los dispositivos deben tener idénticas características, ya que si esto no es así, alguno de ellos actuará como receptor en lugar como generador, absorbiendo energía de los demás.

Asociación serie: La conexión en serie de pilas y baterías debe hacerse conectando el polo positivo de la primera pila con el negativo de la siguiente, y así sucesivamente, de forma que el conjunto se comporte como una sola batería, cuya tensión es la suma de las tensiones individuales de cada una de las pilas asociadas.

En este caso, al estar conectadas en serie, la corriente que circula por el circuito es la misma que tiene cualquiera de las pilas individuales.” [23]

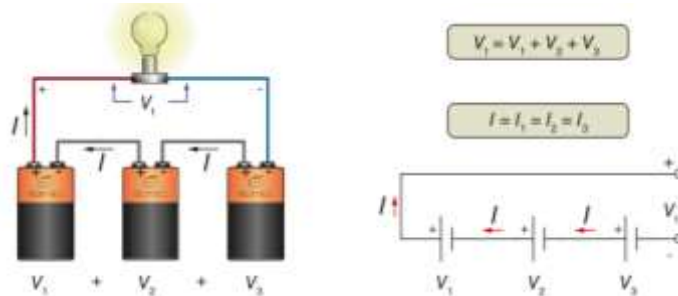


Figura 3.29 Pilas en serie

Fuente: [23]

$$V_t = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (3.5)$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (3.6)$$

Asociación paralelo: “La conexión en paralelo se realiza uniendo todos los polos positivos en un punto común y todos los negativos en otro. De esta forma, el conjunto se comporta también como una sola batería, cuya tensión es la misma que la de cualquiera de ellas, pero, en este caso, la corriente entregada por el conjunto es la suma de las corrientes individuales de cada una de las baterías.” [23]

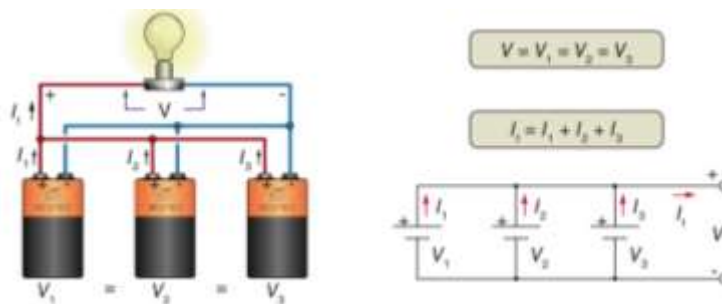


Figura 3.30 Pilas en paralelo

Fuente: [23]

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad (3.7)$$

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (3.8)$$

“El tubo conduit EMT: está diseñado para proteger cables eléctricos en instalaciones industriales comerciales y en general en todo tipo de instalaciones no residenciales, los tubos EMT pueden instalarse empotrados o a la vista garantizando plenamente la exposición de los mismo al medio ambiente.

Los tubos conduit EMT cuentan con la certificación UL 797, se fabrican en instalaciones certificadas ISO 9001 – 2000 y cumplen con todos los requisitos técnicos exigidos para las instalaciones eléctricas.” [24]

Véase en el **Anexo XII** Electrical Metallic Tubing EMT ANSI C 80.3 (NTC-105); UL797 **Fuente:** [24]



Figura 3.31 Tubería EMT 1/2

Fuente: [24]

4. METODOLOGÍA

4.1. Declaración de variables

Variable independiente: Temperatura

Variable dependiente: Calidad del producto

4.1.1 Operaciones de Variables

La Operacionalización de las variables nos permite evaluar el objetivo de la propuesta tecnológica de una manera más detallada en la cual se consideran técnicas e instrumentación de cualificación y cuantificación de dichas variables específicas.

Tabla 4.1 Operación de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual	Indicadores	Unidad de Medida
Temperatura	Conjunto de elementos que nos permite mantener un rango de temperatura de	Temperatura	°C
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Indicadores	Unidad de Medida
Calidad del producto	Es la cantidad y calidad del etanol	Grados de alcohol	v/v

4.1.2 Diagrama causa – efecto

Se debe recopilar toda la información desde la materia prima que se va a procesar en la máquina, las características de la máquina conforme al proceso u producción que se va a realizar, para cubrir todos los puntos débiles que afecten la calidad del producto, para reforzar todos los puntos durante todo el proceso.

Causa: el material de la maquina debe cumplir con las propiedades adecuadas en el proceso ya que es para consumo de alimentos, los procesos deben realizarse por operario calificados en la forma empírica caso contrario es necesario la automatización de la máquina, el medio ambiente donde se

genera la producción a la intemperie por lo cual sus factores externos hacen variar por fuera del rango de medidas de trabajo.

Efecto: El descontrol durante el proceso conlleva a una baja calidad en la producción e este caso el agua se filtra con el etanol lo que provoca un descenso en los grados de alcohol.

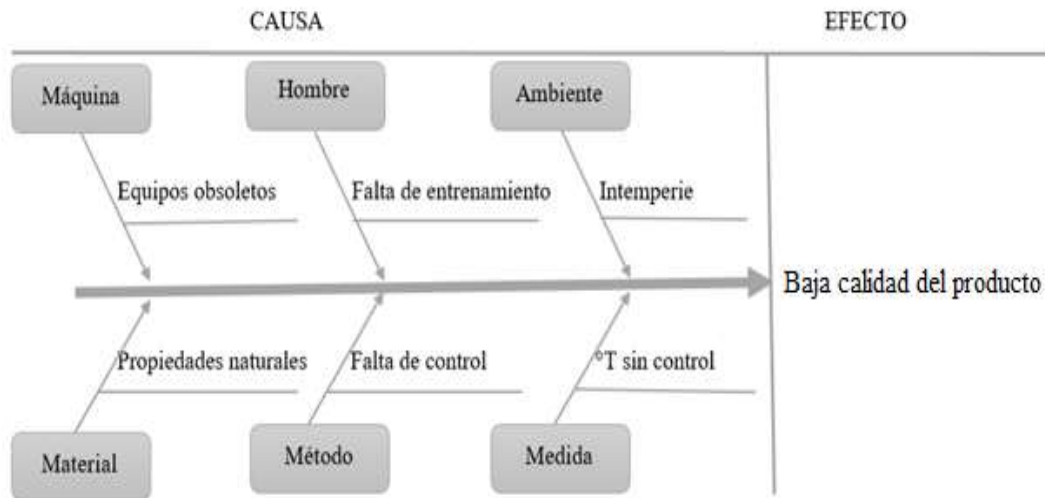


Figura 4.1 Diagrama Causa - Efecto

4.2. Descripción del proceso

Después de la investigación se determina un proceso de fermentación y un rango de temperaturas de trabajo para la destilación de etanol, las propiedades y el material del que debe estar construido la máquina destiladora, el rendimiento volumétrico del mosto para la obtención del etanol la instrumentación y elementos de automatización para el monitoreo y control con un sistema de control de temperatura de lazo cerrado mediante un microcontrolador fueron seleccionados para obtener una comunicación amigable con el operador donde realiza el control de la producción constante de etanol, además reduce el error humano en el proceso que conlleva una mejora en la calidad de grados de alcohol.

4.2.1 Proceso de fermentación

El mosto está conformado por 1 litro de jugo de caña se añade 0.1 gramos de levadura de cerveza es la cantidad suficiente para acelerar el proceso de fermentación, donde las enzimas de la levadura de cerveza transformaran el azúcar del jugo de caña en alcohol etílico o etanol en un lapso de 7

días para llegar a su punto más alto de concentración de grados de alcohol listos para ser separados del mosto por un proceso de destilación evaporativa.

Selección del etanol para bebidas alcohólicas o también llamado etanol de corazón: su graduación alcohólica va **(60 a 80) v/v**, es el objetivo a alcanzar en la producción establecido por el cliente.

Proceso de producción: con un sistema de control de temperatura lazo cerrado se procesa y monitorea la temperatura del matraz ($^{\circ}T1$) que trabaja conjuntamente con el quemador y la temperatura del condensador ($^{\circ}T2$) que trabaja conjuntamente con la torre de refrigeración, cuando estas acciones se controlan y se cumplen se da la producción del etanol con una mejor calidad en la producción.

4.3. Matriz de selección del controlador

Tabla 4.2 Matriz de selección del sistema de control

Factores de selección	FP	PLC	Arduino
Bajo costo de adquisición	30	-	X
Bajo costo de módulos	20	-	X
Programación	20	X	X
Facilidad de instalación	20	X	X
Mantenibilidad	10	X	X
Sumatoria	%	50	100

4.3.1 Placa principal

El microcontrolador Arduino Uno es el encargado de procesar la información y tomar acciones mediante los datos que ingresan, cuenta con las entradas y salidas digitales de comunicación necesarias para la comunican entre sensores y actuadores, algunas ocasiones también se necesita de módulos y convertidores de señal de analógica a digital y viceversa, cuenta con gran stock en el mercado e instrumentación compartibles, interface amigable con el usuario con software y hardware libre, además de precios muy accesibles para realizar proyectos grandes y pequeños.



Figura 4.2 Microcontrolador Arduino Uno

4.3.2 Placa Secundaria

La placa está conformada por el módulo de conversión que permite la comunicación entre el sensor de temperatura y el microcontrolador, y los actuadores que controlan los elementos de automatización durante el proceso de destilación.

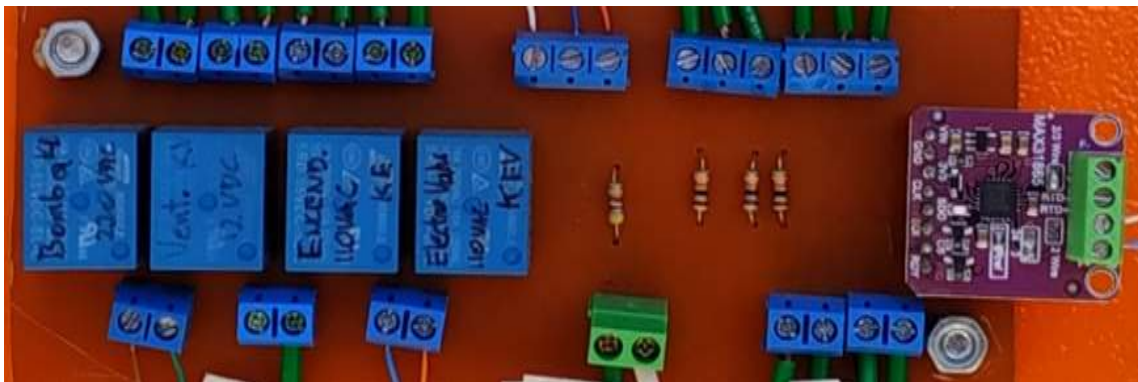


Figura 4.3 Placa Secundaria - Control de actuadores y módulos de conversión

4.4. Selección del sistema de control

4.4.1 Sistema de control lazo cerrado

Para el sistema de control de temperatura es necesario un sistema con retroalimentación que sea capaz de tomar decisiones frente a factores externos que se presenten durante el proceso de la destilación del alcohol etílico, el control de la temperatura debe ser estable para la destilación para mejorar su calidad, con un control autónomo para evitar errores humanos.

4.4.2 Código de programación del microcontrolador Arduino Uno:

El código de programación realizado para el microcontrolador Arduino de un sistema de control de temperatura lazo cerrado para el proceso y monitoreo de la producción de etanol.

Véase en **Anexos VII** Códigos de programación

4.5. Mecánica

4.5.1 Matriz de selección de la máquina destiladora de etanol

La siguiente tabla muestra la comparativa de las alternativas según las características principales, estableciendo una ponderación donde se selecciona la máquina destiladora de etanol más adecuado para la producción.

Tabla 4.3 Matriz de selección de una máquina destiladora de etanol

Factores de selección	FP	Máquina de cobre	Máquina de acero inox
Bajo costo de adquisición	40	-	X
Bajo pesa	10	-	X
Movilidad	10	X	X
Facilidad de instalación	20	X	X
Mantenibilidad	20	X	X
Sumatoria	%	50	100

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima es la máquina de acero inoxidable para destilación de etanol.

Después de observar las características similares, ventajas y desventajas que tienen los destiladores de cobre versus acero inoxidable la selección de la máquina se define por costos. A continuación la confiabilidad se añade a la máquina de acero inoxidable 304 con una capacidad de 100 litros de almacenamiento de mosto donde en teoría se obtendrá 15 litros de etanol, la cantidad mínima fijada por el cliente es de 10 litros de buena calidad del etanol para la elaboración de bebidas alcohólicas.

Se escoge la tarjeta Arduino Uno por su plataforma libre con diseños preparados para la facilidad de proyectos multidisciplinarios con una gran variedad en aplicaciones de hardware, software e instrumentación, con un gran campo en el mercado y a costos muy económicos.

Selección: Máquina de elaboración de vino de acero inoxidable 100L destilador de licor más bomba de agua y quemador.

4.5.2 Partes del destilador

Quemador: El quemador industrial de gas GLP de hierro fundido negro es ideal para aportar energía calórica constantemente sin sufrir calentamientos ni daños durante su proceso, tiene un diámetro de 8 pulgadas o 20.32 cm y brinda una potencia regulable de 300 mbar a 2bars igual a 120 kw.

Por experimentación se recomienda colocar el quemador a una distancia de 12 cm del matraz para una mejor distribución de calor ya que las jornadas de trabajo del quemador son extensas, en promedio una hora por litro del mosto en el matraz.



Figura 4.4 Quemador de hierro fundido

Matraz o Caldero: El matraz de acero inoxidable 304 es un dispositivo de almacenamiento con una capacidad de 100 Litros que consta de un diámetro de 50 cm, altura de 50 cm y 2 milímetro de grosor. En la tapa consta con seguros y sujetadores tanto para la olla como para la válvula unidireccional y la torre de destilación, la válvula unidireccional se utiliza solo en el proceso de fermentación ya que no se requiere de oxígeno durante este proceso, se requiere sacar el dióxido de carbono que produce la fermentación.



Figura 4.5 Matraz de acero inoxidable 304 de 100 Litros

Tubería de vapor: La tubería de acero inoxidable 304 consta de partes de ensamblaje variables para un diseño horizontal o vertical, la seleccionada en nuestra maquina será el ensamble vertical consta de una altura de 65 cm, un diámetro de 6.35 cm y 1 milímetro de espesor. Aquí se encuentra ubicado el dispositivo de control de temperatura del vapor de etanol.



Figura 4.6 Tubería para vapor de acero inoxidable 304

Condensador: El condensador de acero inoxidable 304 de tubería recta interna, de diámetro de 17cm con una altura de 41 cm y 1mm de espesor del material, el cual se debe mantener a una temperatura menos a 25 °C para que se produzca el cambio de estado del etanol de vapor a líquido.



Figura 4.7 Condensador de tubería interna recta

4.6. Torre de refrigeración de tiro mecánico

Cálculo del área de una torre de refrigeración de tiro forzado lateral

“Se requiere enfriar 150 lt/h (330 lb/h) de agua del condensador de 15°C hasta 12°C, las siguientes preguntas son:

- ¿Cuánto aire necesito para enfriarlo?

¿Cuáles son las dimensiones de la torre (alto, ancho y profundidad)?

Normalmente de acuerdo a la experiencia de muchos fabricantes, las torres de enfriamiento trabajan con cargas de aire que oscilan entre 900 lb/h·ft² y con cargas de agua entre 500 lb/h·ft².

Entonces podemos empezar a definir los parámetros de la torre de la siguiente manera:

4.6.1 Área de la torre:

1. Especificar una carga de agua para el diseño, esto se hace basándose en factores como la capacidad de los rociadores, para nuestro ejemplo: carga agua diseño =L= 50 lb/h·ft².
2. Para saber el área de la torre debemos dividir la carga total de agua de la torre por hora para la carga de agua de diseño, para nuestro ejemplo:” [8]

Resolver con la **ecuación 3.1**:

$$\text{Área torre} = \frac{\text{carga total}}{\text{carga agua diseño}}$$

$$\text{Área torre} = \frac{330 \frac{\text{Lb}}{\text{h}}}{50 \frac{\text{Lb}}{\text{h}} \text{ft}^2}$$

$$\text{Área torre} = 6.6 \text{ft}^2$$

$$\text{Área torre} = 2 \text{m}^2$$

Selección: el tanque industrial por tener una capacidad de **2.22 m²** [25]

Área la torre de agua: el reservorio de agua es un tanque industrial de 200 litros de hierro gris de 1 mm de espesor recubierto por un barniz para evitar la oxidación, aquí se encuentra la bomba eléctrica que suministra agua al sistema del condensador.



Figura 4.8 Almacenador de agua de 200 Litros

4.6.2 Carga de aire:

3. “Podemos definir una carga de aire fija como factor de diseño, se recomienda que esta carga de aire sea como mínimo la mitad de la carga de agua para rangos de enfriamiento de 10°C, aunque se pueden utilizar factores de 0,5 que pueden aumentar significativamente el costo del equipo; para nuestro ejemplo:” [8]

Resolver con la **ecuación 3.2**

$$Carga\ aire\ diseño = G * Carga\ agua\ diseño$$

$$Carga\ aire\ diseño = 0.5 * 50 \frac{Lb}{h} ft^2$$

$$Carga\ aire\ diseño = 25 \frac{Lb}{h} ft^2$$

$$Carga\ aire\ diseño = 7.62 \frac{Lb}{h} m^2$$

Selección: Se necesita un flujo másico de aire $7.62 \frac{lb}{h} m^2$ por lo cual se escoge el ventilador VN351 que cuenta con un flujo másico de $2 \frac{lb}{h} m^2$, por lo que se necesitaran 4 ventiladores.

4. “Nos queda entonces una pregunta por responder
¿Qué altura debe tener la empaquetadura de la torre?

La altura de la empaquetadura depende su capacidad de transferencia de calor, y esta solo se puede determinar experimentalmente.” [8]

Carga de aire: la torre de refrigeración recibe el agua caliente del condensador donde esta es enfriada atravesando un sistema por gotea introduciendo aire forzado para reducir la temperatura del agua de (15 a 12) °C.

Es recubierto por un barniz para evitar la oxidación del material lo cual podría contaminar el agua y dañar la bomba de agua mas no afectaría la producción.



Figura 4.9 Torre de refrigeración de tiro mecánico

4.7. Diseño de tablero de control

El tablero de control cuenta con un indicador de temperaturas y mandos de control básicos para el control y monitoreo durante el proceso de la producción.



Figura 4.10 Tablero de control

Tabla 4.4 Tablero de Control

Tablero de Control	Indicador	(T1 y T2)°C	Pulsador negro	Resetear
	Pulsador	Encendido	Pulsador Stop	Paro de emergencia
	Pulsador	Apagado		

4.8. Sistema de fuerza

Protecciones termos magnéticos Schneider: Son dispositivos interruptores de corriente, que se activan ante la presencia de un corto circuito detectando el incremento de temperatura provocados por el mismo, el cual abre el contacto magnético lo que deja al sistema a salvo.

Resolver con la **ecuación 3.3**

Corriente de arranque de la bomba es tres veces la corriente nominal:

$$I_{arrq} = 3 * I_n A$$

$$I_{arrq} = 3 * \frac{P}{V} A$$

$$I_{arrq} = 3 * \frac{25 w}{220 v} A$$

$$I_{arrq 1} = 0.34 A$$

Corriente de arranque de la electroválvula es tres veces la corriente nominal:

$$I_{arrq} = 3 * I_n A$$

$$I_{arrq} = 3 * \frac{P}{V} A$$

$$I_{arrq} = 3 * \frac{7 w}{110 v} A$$

$$I_{arrq 2} = 0.19 A$$

Sumatoria de las corrientes:

$$I_{TOTAL} = I_{arrq 1} + I_{arrq 2}$$

$$I_{TOTAL} = (0.34 + 0.19)A$$

$$I_{TOTAL} = 0.53A$$

En el catálogo de protecciones termomagnéticas para uso residencial de fase - neutro y fase – fase por su baja intensidad nominal y de arranque se escoge:

Véase en **Anexos VIII** Interruptores Termomagnéticas IEC **Fuente:** [11]

Fase – Neutro: Easy9 C16 (1polo)

Véase en **Anexos IX** Interruptores Termomagnéticas IEC **Fuente:** [11]

Fase – Fase: Easy9 C20 (2polos)



Figura 4.11 Interruptor Termomagnético Easy9 C16 y C20

Puesta a tierra: la seguridad del operador y la infraestructura son obligatorias en todo el mundo, sobre todo en nuestro sistema de encendido ya que se produce la chispa por un arco eléctrico entre 2 electrodos generado por alto voltaje, al no tener una buena conexión a tierra este arco viaja por la estructura a las tarjetas de control lo cual causa fallas en los sensores y su recolección de datos.

Resolver con la **ecuación 3.4**

Corriente de falla en la bomba de agua HJ-1500:

$$I_f = \frac{P}{\sqrt{3}(V)} A$$

$$I_f = \frac{25 \text{ watts}}{\sqrt{3}(220v)} A$$

$$I_{f1} = 0.0656 A$$

Corriente de falla en la electroválvula:

$$I_f = \frac{P}{\sqrt{3}(V)} A$$

$$I_f = \frac{7 \text{ watts}}{\sqrt{3}(110v)} A$$

$$I_{f2} = 0.037 A$$

Sumatoria de las corrientes de falla:

$$I_{TOTAL} = I_{f1} + I_{f2}$$

$$I_{TOTAL} = 0.103 A$$

Este valor es comparado en ficha técnica de varillas Copperweld, por la I_f existente se selecciona una varilla de cobre al 99% de $\frac{3}{4}$ plg por una longitud de 120 cm que soporta corrientes de fallas de $I_{fv} = 0.075$ con un 40% de sobrecarga en las fallas admisibles, dando mayor seguridad al operador en caso de una falla o descarga en la estructura u tablero de control.

Fuente de alimentación por pilas – conexión en serie: se necesita alimentar un Generador de alto voltaje HX15E005 cuyos rangos de operación varían entre (3 a 6) v y (2 a 5) A, por lo cual es necesario formar un circuito en serio con 4 baterías triple A recargables cuyos valores son 1.2v y 2A cada una.

Resolver con la **ecuación 3.5** y **3.6**

El voltaje se suma

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (3.5)$$

$$V_t = 1.2 + 1.2 + 1.2 + 1.2 = 4.8v$$

La intensidad se mantiene

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 \quad (3.6)$$

$$I = 2A = 2A = 2A = 2A$$

$$I = 2A$$

Los valores totales son 4.8 voltios y 2 Amperios en el circuito en serie lo que proporciona una alimentación suficiente para el elevador de voltaje.



Figura 4.12 Fuente de alimentación 4.8v y 2A

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN D E RESULTADOS

5.1. Análisis del sistema de control de temperatura

5.1.1 Análisis con la Cámara Termográfica

En la gráfica se observa las áreas de trabajo de la máquina, el calor que aporta el quemador al matraz, este análisis determina que no influye de forma negativa en la torre de refrigeración durante el proceso de destilación.

Tabla 5.1 Temperatura máxima en el área de trabajo

Temperatura Máxima °C					
Área 1	Destilador	84	Área 2	Torre de refrigeración	19



Figura 5.1 Temperatura máxima en el área de trabajo

En la siguiente gráfica se observa la torre de refrigeración en el inicio del proceso y durante la destilación evidenciando el sistema de circulación de agua, disipando el calor del condensador.

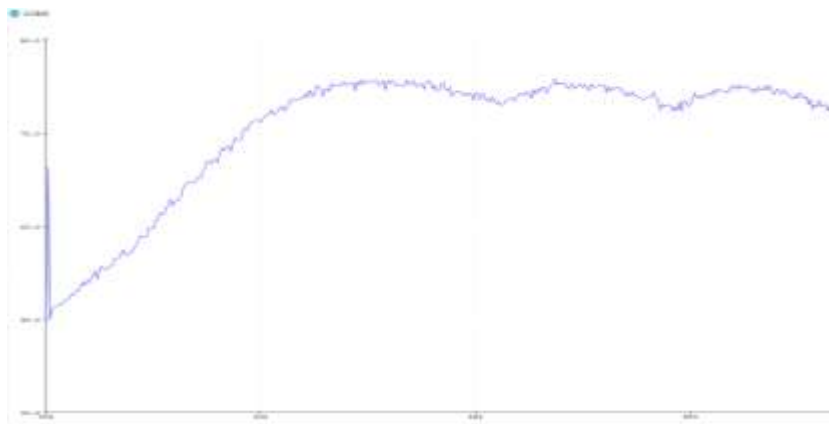


Gráfica 5.1 Torre de enfriamiento - Disipación de calor.

5.1.2 Análisis de la curva de temperatura – inicio del proceso

Las siguientes gráficas son tomadas del programa Arduino, con la recolección de datos en tiempo real durante el funcionamiento de la máquina, para medir el tiempo de operación de ciertos elementos, además de valorar un promedio de la temperatura de trabajo para la verificación del control y monitoreo del proceso de producción del etanol.

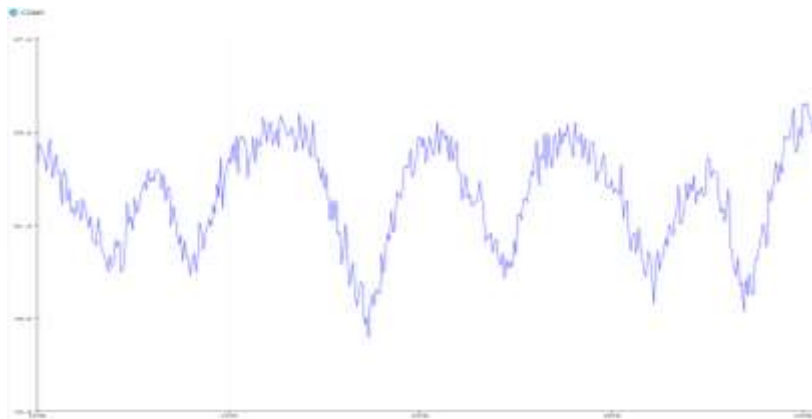
Desde el inicio del proceso al punto de ebullición del etanol con un volumen de 20 litros de mosto toma 40 minutos en llegar a la temperatura de trabajo donde el sistema de control empieza a actuar.



Gráfica 5.2 Inicio del proceso - Aumento de temperatura

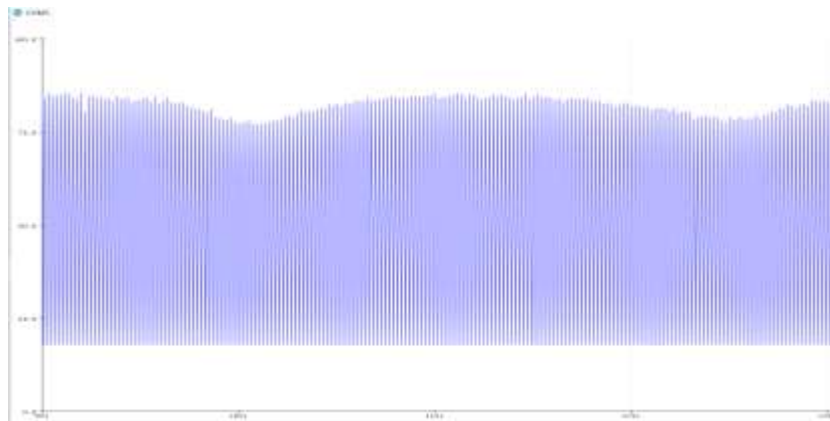
5.1.3 Análisis de la curva de temperatura – durante el proceso

Cuando llega a la temperatura de trabajo el quemador trabaja a un 40% en promedio que un quemador sin control de temperatura lo que determina un ahorro de aporte de energía calórica del 60% del combustible siendo beneficioso para la economía del productor y para el medio ambiente.



Gráfica 5.3 Proceso - Set Point

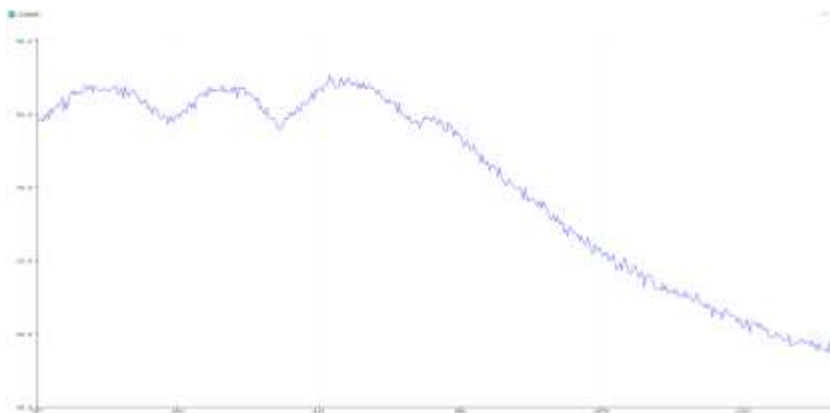
En la siguiente gráfica se muestra ambas temperaturas, la temperatura uno es del control de temperatura en el matraz, y la temperatura dos es del condensador donde se muestra que la torre de enfriamiento mantiene una temperatura constante durante el proceso con un aumento insignificante de 2°C.



Gráfica 5.4 Proceso - PT100 1 y 2 Recolección de datos

5.1.4 Análisis de la curva de temperatura – final del proceso

En la siguiente gráfica se muestra en final del proceso donde se observa el descenso de temperatura y fin del proceso de producción de etanol, la torre de refrigeración seguirá con su trabajo después que el proceso haya terminado debido a necesariamente se debe enfriar el agua para evitar daños en la bomba de agua, esta temperatura debe ser menor a 35°C.



Gráfica 5.5 Final del proceso

5.2. Control de electroválvula para el quemador

5.2.1 Ciclos de trabajo de la electroválvula

En la siguiente gráfica se observa el sistema de control on-off de temperatura en función del tiempo, aquí se encuentra el proceso de destilación al haber llegado a la temperatura de ebullición del etanol que es 78.4°C, la electroválvula controla la aportación calórica al sistema revelando un promedio de tiempo de encendido de 40s y un promedio de tiempo de apagado 60s.

$$1 \text{ ciclo} = 1 \text{ on} + 1 \text{ off}$$

$$1 \text{ hora} = 3600\text{s}$$

$$1 \text{ ciclo} = 40\text{s} + 60\text{s}$$

$$1 \text{ hora} = 36 \text{ ciclos}$$

$$1 \text{ ciclo} = 100\text{s}$$

36 ciclos de trabajo por hora es la función promedio que cumple la electroválvula para el control de temperatura en el proceso.

5.2.2 Eficiencia del combustible en el quemador

El combustible tiene un ahorro del 60% con el sistema de control de temperatura durante el proceso de destilación.

$$1 \text{ hora} = 3600\text{s}$$

$$1440\text{s} = 40\% \text{ on}$$

$$1 \text{ hora} = 36(40\text{s}) + 36(60\text{s})$$

$$2160\text{s} = 60\% \text{ off}$$

$$1 \text{ hora} = 1440\text{s} + 2160\text{s}$$

5.3. Pruebas a punto con el Sistema de control de temperatura

Tabla 5.2 Pruebas con diferentes rangos de temperaturas

Rango de		v/v
83	87	59,6
81	85	62,3
79	83	64,8
77	81	61,4
75	79	45,8

Anteriormente se realiza pruebas con diferentes temperaturas para así buscar el setpoint de trabajo, el rango de temperaturas de trabajo se selecciona a los grados de alcohol (v/v) obtenidos en los diferentes procesos, la selección del setpoint es de 81.5°C el cual tiene una variación en el sistema de control ± 1 en teoría, pero en el proceso experimental esta variación tiene un rango de (79 a 83)°C con 4 grados en su rango de temperaturas para la destilación, ya que al ser menor la temperatura no llega a destilar etanol y al ser mayor la temperatura el etanol se ve filtrado por agua bajando su calidad.

5.3.1 Destilación artesanal

En el siguiente análisis de resultados se analiza los datos principales obtenidos experimentalmente en las destilaciones artesanales en promedio y las destilaciones automatizadas en promedio, dando lugar a la comparación y discusión de resultados, probando así las hipótesis y objetivos propuestos en este tema.

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos con la máquina artesanal, del cual se obtiene un promedio total el que servirá posteriormente para su comparación:

Véase en **Anexos X** Pruebas – Destilación artesanal

Tabla 5.3 Destilación Artesanal

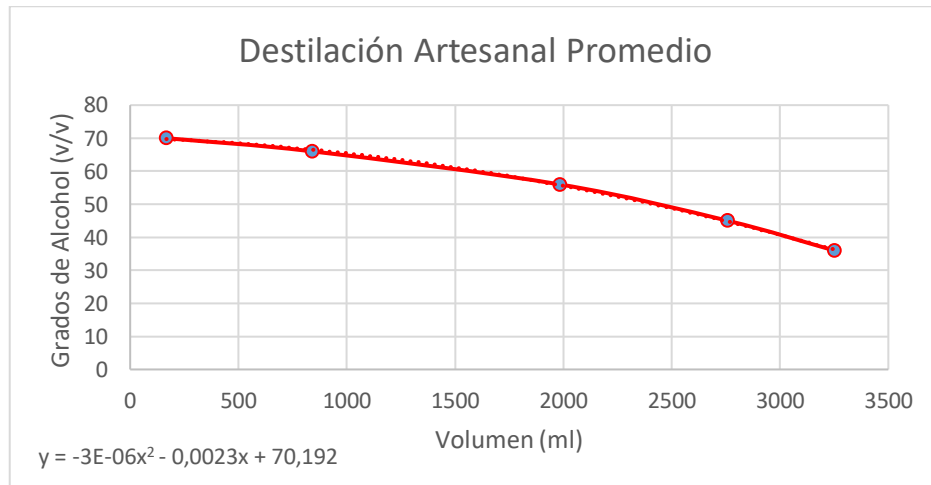
Destilación Artesanal Promedio (min/ml)					
Tiempo (min)	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	167	675	1142	775	492
Grados de Alcohol v/v	70	66	56	45	36
Destilación Artesanal Promedio (h/Lt)					
Tiempo (h)	0,67	1,00	2,00	3,00	4,00
Volumen (Lt)	0,17	0,68	1,14	0,78	0,49
Grados de Alcohol v/v	70	66	56	45	36

En la siguiente figura se mide los grados de alcohol en promedio obtenidos en la forma de destilación artesanal, el cual muestra un promedio de 54.6 v/v.



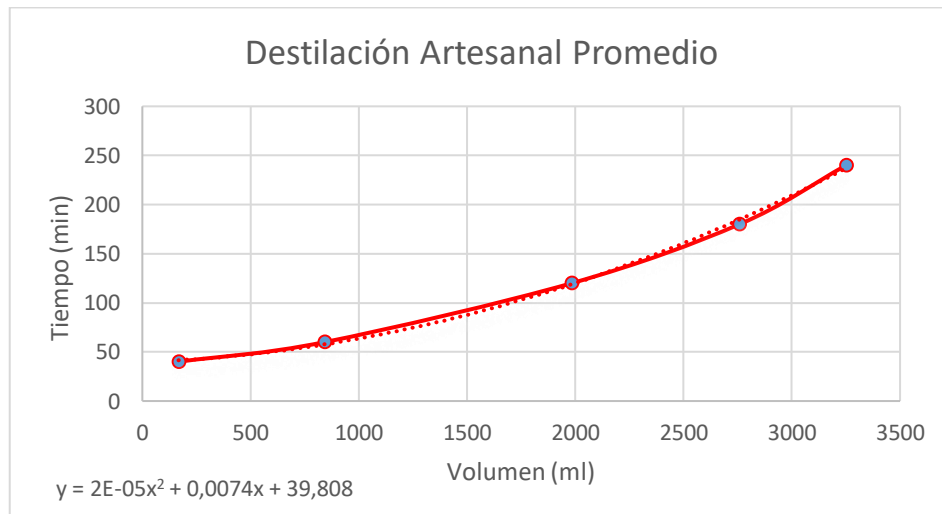
Figura 5.2 Grados de alcohol promedio - Artesanal

En la siguiente gráfica se muestra los grados de alcohol en función al volumen:



Gráfica 5.6 Destilación Artesanal Promedio (v/v)/ml

En la siguiente gráfica se muestra el tiempo de la destilación en función al volumen:



Gráfica 5.7 Destilación Artesanal Promedio min/ml

5.3.2 Destilación automatizada

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos con la máquina automatizada, del cual se obtiene un promedio total el que servirá posteriormente para su comparación:

Véase en **Anexos XI** Pruebas – Destilación automatizada

Tabla 5.4 Destilación Automatizada

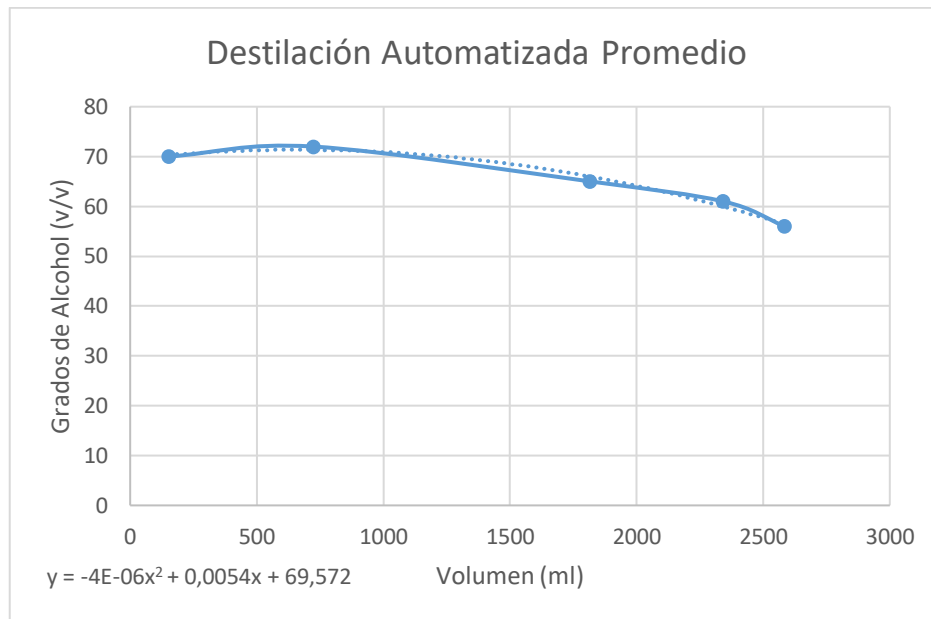
Destilación Automatizado Promedio (min/ml)					
Tiempo (min)	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	152	572	1093	525	243
Grados de Alcohol v/v	70	72	65	61	56
Destilación Automatizado Promedio (h/Lt)					
Tiempo (h)	0,67	1,00	2,00	3,00	4,00
Volumen (Lt)	0,15	0,57	1,09	0,53	0,24
Grados de Alcohol v/v	70,00	72,00	65,00	61,00	56,00

En la siguiente figura se mide los grados de alcohol en promedio obtenidos en la forma de destilación automatizada, el cual muestra un promedio de 64.8 v/v.



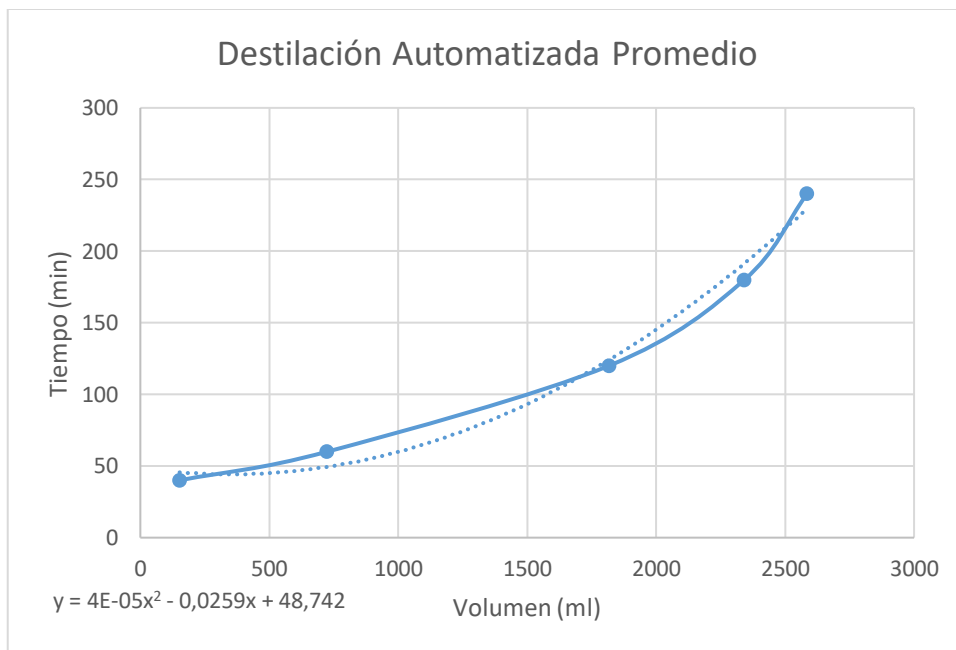
Figura 5.3 Grados de alcohol promedio - Automatizado

En la siguiente gráfica se muestra los grados de alcohol en función al volumen:



Gráfica 5.8 Destilación Automatizada Promedio (v/v)/ml

En la siguiente gráfica se muestra el tiempo de la destilación en función al volumen:



Gráfica 5.9 Destilación Automatizada Promedio min/ml

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos con la máquina artesanal y automatizada, del cual se obtiene un promedio total de cada uno, el cual se compara para realizar un análisis:

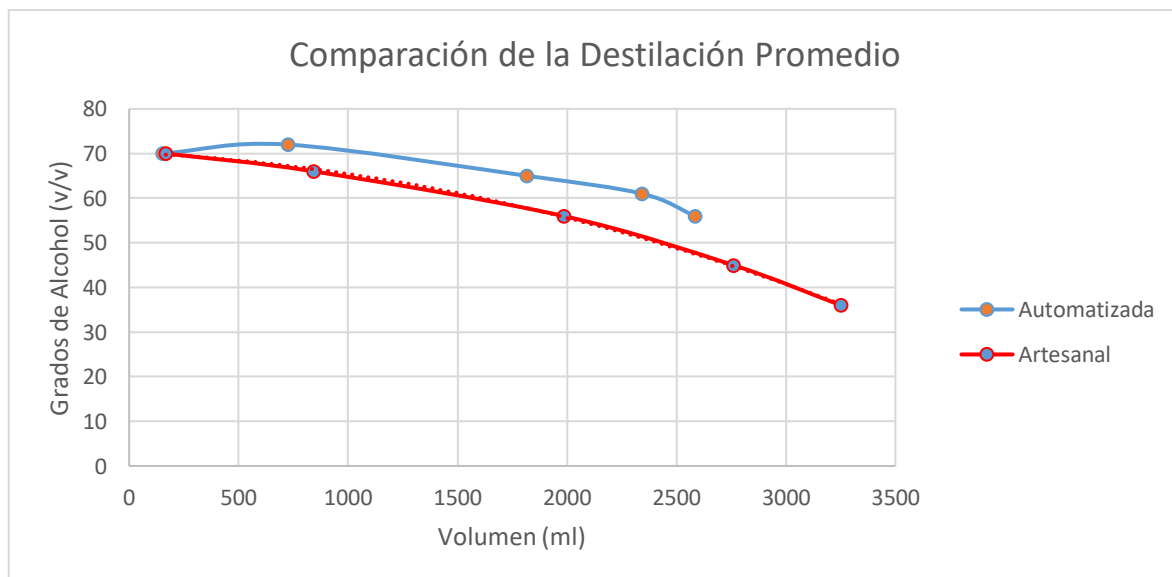
Tabla 5.5 Comparación de las Destilaciones

Comparación de las Destilaciones Promedios					
Artesanal					
Tiempo (min)	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	167	842	1984	2759	3251
Grados de alcohol (v/v)	70	66	56	45	36
Automatizado					
Tiempo (min)	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	152	724	1817	2342	2585
Grados de alcohol (v/v)	70	72	65	61	56

5.4. Comparación de la Destilación Promedio

En la siguiente gráfica se muestra los grados de alcohol en función al volumen:

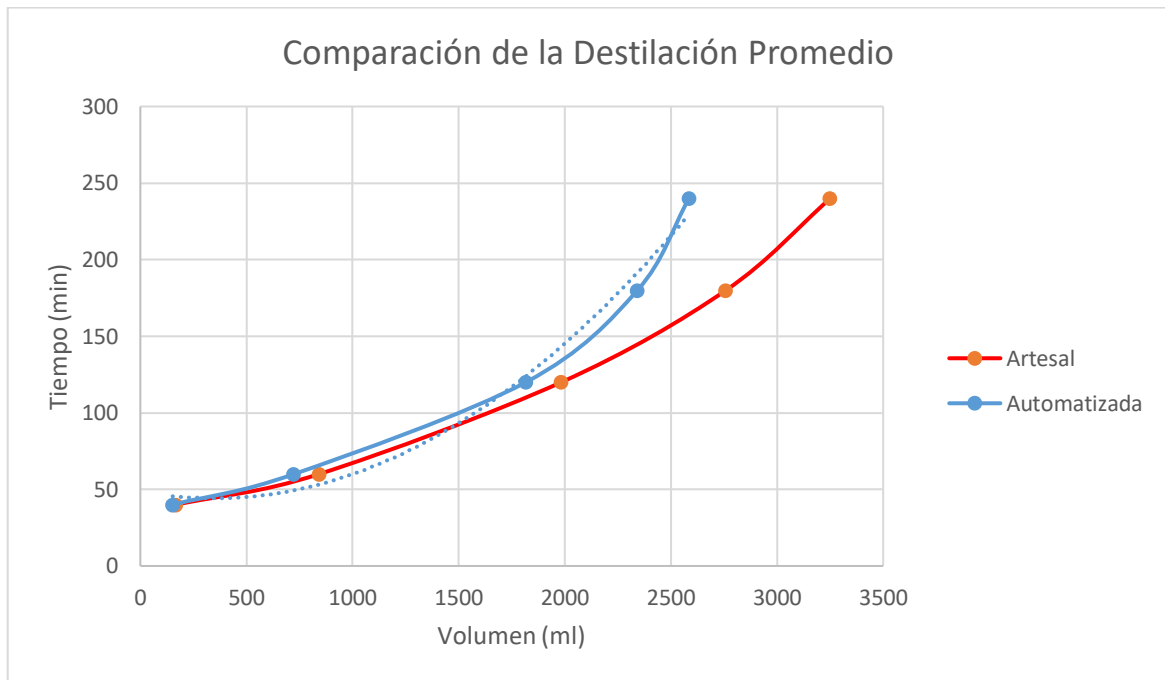
Los grados de alcohol se concentran en mayor cantidad en un menor volumen de la producción lo que determina una mayor calidad en el etanol con una eficiencia del 11%, terminando con la recolección más rápido que un sistema sin control en el proceso.



Gráfica 5.10 Comparación de las Destilaciones Promedios (v/v)/ml

En la siguiente gráfica se muestra el tiempo de la destilación en función al volumen:

El tiempo de destilación se reduce en 20.5% ya que la concentración de los grados de alcohol se acumula en menor cantidad de la producción, terminando con la recolección más rápido que un sistema sin control en el proceso.



Gráfica 5.11 Comparación de las Destilaciones Promedios min/ml

Rendimiento Volumétrico:

$$RV = \frac{V_s}{V_e} * 100\% \tag{6.1}$$

- RV= Rendimiento volumétrico
- Ve= Volumen de entrada
- Vs= Volumen de salida

Resolver con la **ecuación (6.1)**

RV Artesanal:

$$RV_{art} = \frac{V_s}{V_e} * 100\%$$

$$RV_{art} = \frac{3.251}{16.67} * 100\%$$

$$RV_{art} = 19.51 \% \text{ al } 54.6 \text{ } v/v$$

RV Automatizado:

$$RV_{aut} = \frac{V_s}{V_e} * 100\%$$

$$RV_{aut} = \frac{2.585}{16.67} * 100\%$$

$$RV_{aut} = 15.5 \% \text{ al } 64.8 \text{ } v/v$$

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuestos

Tabla 6.1 Presupuesto de la Máquina Destiladora Automatizada

Mecánico					
Cant	Equipo	Detalles	Costos	Costos	Total
1	Máquina destiladora	Inox 304, 100 L	350	380	730
1	Tanque industrial de 300 Lt	Hierro 1mm	20	5	25
1	Sistema de goteo de agua	1/2 pp	30	5	35
1	Tanque de gas glp	15 kg	50	2	52
1	Quemador mediado	Hierro gris	20	2	22
1	Llama piloto	1/4 plg	10	2	12
1	Válvula industrial variable	1/2 plg	8	2	10
1	Llave de paso Gas GLP	Bronce	6	2	8
10	Tubería de cobre	1/4 plg	4	2	42
3	Mangueras flexible gas	1/2 plg	1,25	2	5,75
6	Mangueras flexible pp	1/2 plg	5	2	32
Total=			973,75		
Estructura					
Cant	Equipo	Detalles	Costos	Costos	Total
6	Tubo cuadrado	2mm* 1plg	9	5	59
1	Tubo en T	2mm* 1plg	7	5	12
1	Eje cuadrado	1/4 plg	4	2	6
1	Tubería MT flexible	Certificada	3,5	5	8,5
2	Tubería MT	1/2 plg	8	2	18
12	Uniones MT	1/2 plg	0,5	2	8
2	Plancha de tool	1mm	13	5	31
1	Caja de remaches	AS44	7	2	9
1	kilo de electrodos	AGA-6011	15	2	17
2	Pintura negra	Litro	6,5	2	15

Total=			183,5		
Eléctrico					
Cant	Equipo	Detalles	Costos directos	Costos indirectos	Total
1	Clavija industrial mediana	4hilos 15A	23	2	25
1	Tablero de control	60*40*20 cm	50	5	55
10	Cable N10	kobrex	40	2	42
25	Cable N16	kobrex	18	2	20
10	Cable de alta tensión	Bujía	0,3	2	5
1	Protección termomagnética	110v 10A	15	2	17
1	Protección termomagnética	220v 15A	20	2	22
1	Barrilla de cobre Copperweld	1/2 plg * 1,2m	10	10	20
1	Riel Dim	1 plg	2	2	4
2	Canaleta ranurada	1 plg	3	2	8
Total=			218		
Electrónico					
Cant	Equipo	Detalles	Costos	Costos	Total
1	Fuente de poder	12v 5A	14	6,5	20,5
1	Porta pilas 6v	Plástico	1	2	3
4	Pilas	1,5v 2A	9	2	38
1	Generador de alto voltaje	XH15E005	9	6,5	15,5
1	Microcontrolador Arduino	Uno	10	2	12
1	Módulo de conversión	MAX31865	15	6,5	21,5
1	PT100	3 hilos	70	6,5	76,5
1	PT100	DS18B20	30	6,5	36,5
1	Electroválvula Airtac N/C	1/2 plg GLP	100	6,5	106,5
4	Relé	5v	4	2	18
2	Relé	110v	7	2	16
1	Temporizador Camsco	AH3	28	2	30
4	Ventilador VN-351	12v 180mA	3,5	2	16
3	Botón pulsador	22mm	1,5	2	6,5
1	Botón stop	22mm	4,5	2	6,5

1	Display	12v	14	2	16
4	Riel de bornes	15A	1,5	2	8
Total=			447		
Mano de Obra					
Cant	Equipo	Detalles	Costos	Costos	Total
2	Herramientas	Alquiler	300	1	601
2	Meses	S.B.U.	390	2	782
Total=			1383		
Valor Total =			3205.25		

6.2. Análisis de impactos

Impacto Práctico: La implementación de tecnología en el campo laboral facilita la vida del hombre, y permite administrar el tiempo del operador de una mejor manera en la producción.

Impacto Tecnológico: La implementación de tecnología para el control y monitoreo del proceso mejora considerablemente la calidad de la producción.

Impacto Ambiental: Se determina un ahorro en el proceso de aporte de energía calórica del 60% del combustible siendo beneficioso para la economía del productor y el medio ambiente, además que el sistema de torre de refrigeración funciona con la recirculación de agua enfriada por aire lo vuelve un sistema amigable con el medio ambiente.

Impacto Ético: Satisface la necesidad humana de cumplir con el objetivo propuesto mejorando la calidad de la producción con la seguridad sanitaria que se merece el cliente y medio ambiente.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se identificó los distintos tipos de máquinas destiladoras que existen actualmente en el mercado y se optó por la más idónea, la cual se implementó elementos para cumplir con los requerimientos emitidas por el cliente.
- Se analizó los principales sistemas que proporcionan el funcionamiento adecuado a la máquina destiladora como el sistema de control de temperatura conformado por el microcontrolador Arduino.
- Se determina la programación que cumplió con el objetivo principal de elevar y mantener constante la temperatura para mejorar los grados de alcohol (v/v) deseados ya que esto significa una mayor calidad en el etanol.
- Se determina un tiempo menor de destilación con un promedio de 68v/v de etanol al 13% del mosto introducido, clasificando la producción en la categoría de Corazón (60 – 80) v/v por su concentración son aptos para bebidas alcohólicas – consumo humano, con un incremento de 11% de aumentos en grados de alcohol en promedio.
- Después de las primeras pruebas de funcionamiento se implementa la torre de refrigeración forzada en el sistema de bombeo de agua para el condensador dando como resultado una temperatura promedio ideal de funcionamiento de 17.5 a 21°C en el condensador ya que la misma debe ser menor a 30°C para que se produzca el cambio de estado y menor a 35°C para el funcionamiento de la bomba de agua.
- Se determina en el proceso una eficiencia del 60% en consumo de combustible gas GLP en comparación con una máquina artesanal.
- La máquina destiladora de etanol automatizada tiene un inversión total de 3250 dólares lo cual es significativamente bajo ya que una máquina automatizada destiladora de etanol cuesta 6500 dólares en el mercado más costos de envío.

Recomendaciones

- Se debe diseñar un sistema auxiliar para el control de la flama para una mayor seguridad se debe añadir o sustituir por la llama piloto en el quemador y así reducir la probabilidad de un riesgo de que se apague la llama y se disipe el gas sobre todo en espacios confinados.
- La máquina destiladora se debe complementar con una máquina moledora de caña para garantizar la obtención del jugo de caña en estado puro con normas sanitarias de higiene.
- En la estructura de la máquina se debe implementar puertas esto permite que los elementos permanezcan en un ambiente cerrado para su protección con una chimenea que permita la disipación de los gases productos de la combustión en el quemador.
- Se recomienda realizar una tabla de tiempo versus la producción ya que el proceso es diferente según la materia prima (cantidad y producto) para los diferentes tipos de productos destilados.

8. REFERENCIAS

- [1] R. S. Toapanta Gallardo, “Soberanía Alimentaria y la Producción de Monocultivos para Biocombustibles en el Subtropico de la Provincia de Cotopaxi en el Periodo 2013-2016,” UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS CARRERA DE ECONOMÍA, 2018.
- [2] SENPLADES, “Transformación de la Matriz Productiva: Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano,” *Secr. Nac. Planif. y Desarro.*, vol. 1, no. 0, pp. 1–32, 2012, [Online]. Available: www.planificacion.gob.ec.
- [3] C. D. GUANGASI PILAPANTA and D. S. RIVERA NOBOA, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LAZO CERRADO PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE DESTILACIÓN DE ALCOHOL FERMENTADO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ESPOCH,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2016.
- [4] A. Font Molina, “Historia, elaboración y tipos de bebidas (destilados y aguas ardientes),” 2018. [Online]. Available: <http://190.57.147.202:90/xmlui/bitstream/handle/123456789/707/Historia-elaboracion-y-tipos-de-licores-y-aguardientes.pdf?sequence=1>.
- [5] “Máquina de elaboración de vino de acero inoxidable 100L destilador de licor mas bomba de agua,” *AliExpress*, 2020. <https://es.aliexpress.com/item/32957501130.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.340263c0f5huKv> (accessed Aug. 27, 2020).
- [6] JN ACEROS, “El Acero Inoxidable Y El Cobre: ¿Cuál Es El Mejor Metal Para Tu Proyecto?,” 2019. <https://jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-cobre-mejor-metal-proyecto/>.
- [7] “Alambique de columna de 100 litros con termometro,” *Cobrelis*, 2020.

<https://www.cobrelis.com/es/alambique-de-columna-de-100-litros>.

- [8] J. A. Iñiguez Donoso and A. Barriga Rivera, “Calculo Y Diseño De Empaquetadura Y Ventiladores Para Una Torre De Enfriamiento De Tiro Forzado,” p. 9, 2009, [Online]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1968/1/3955.pdf>.
- [9] Electrotec Electronica y Robotica, “Microcontroladores vs PLC,” 2020. <https://electrotec.pe/blog/microcontroladorvsplc>.
- [10] O. Torrente Artero, *Arduino Curso Practico De Formacion*, 1st ed., vol. 6, no. 06. 2016.
- [11] Schneider Electric, “Guía para selección de productos.”
- [12] J. R. Moya Piedra and W. B. Pilatasig Quispe, “DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA PARA LOS LABORATORIOS DE ALTO VOLTAJE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI,” Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad, 2019.
- [13] “Módulo LCD EL-1602A.”
- [14] the W.-W. S. Network, “Camsco Electric Catalogo,” 1979. [Online]. Available: https://www.camsco.com.tw/upload_files/e-download/Camsco-E-Catalog.pdf.
- [15] European Environment Agency (EEA), “SONDAS DE TEMPERATURA,” 2019. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [16] Maxim Integrated, “MAX31865 Datasheet,” <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX31865.pdf>, pp. 1–26, 2015, [Online]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX31865.pdf>.
- [17] Maximintegrated, “DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer,” 2019. [Online]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
- [18] “Módulo Elevador Alto Voltaje 3V-6V DC a 400KV – Generador Arco eléctrico,”

- Electroniclab*, 2020. <https://electronilab.co/tienda/modulo-elevador-alto-voltaje-dc-3v-6v-a-400kv-generador-arco-electrico/>.
- [19] “Electroválvula 2PO25-08,” 2020. [Online]. Available: <https://eu-es.airtac.com/upload/2V-201909241145124926.PDF>.
- [20] Whitepaper, “¿ Deben las electroválvulas ser clasificadas como productos básicos ?,” 2017. [Online]. Available: <https://www.asco.com/ASCO Asset Library/White Paper-Electroválvula-es.pdf>.
- [21] “HJ-1500, tanque de peces, Mini bomba de Micro cilindro, bomba de filtro circulante Sunsun, bomba sumergible, bomba de agua 1500L/H,” *MincoHeat*, 2020. <https://es.aliexpress.com/item/33003508900.html>.
- [22] “VENTILADOR PLASTICO 3" 12V - VN-351,” *Grupo Velasco*, 2020. <http://www.velasco.com.ec/velasco/producto.php?id=1423>.
- [23] J. C. Martin Castillo, *Electrónica*, Sergio Nom. Madrid: Editorial Editex S.A., 20117.
- [24] I. Electric, “Línea EMT Electrical Metallic Tubing,” 2020. [Online]. Available: <http://sgindustriaselectric.pe/product/tuberia-emt/>.
- [25] “Tanque industrial 200 litros,” *myears*, 2020. <https://www.casamyers.com.mx/item/24900010>.



ANEXOS



















Anexos I Selección de gabinetes

Dimensiones (mm)			Nueva referencia con marca Schneider Electric	Antigua referencia en marca Himel
Alto	Ancho	Profundidad		
200	200	150	NSYCRN22150-M	CRN22150-M
250	200	150	NSYCRN2520150-M	CRN2520150-M
300	250	150	NSYCRN3025150-M	CRN3025150-M
300	300	150	NSYCRN33150-M	CRN33150-M
400	300	150	NSYCRN43150-M	CRN43150-M
400	300	200	NSYCRN43200-M	CRN43200-M
400	400	200	NSYCRN44200-M	CRN44200-M
500	400	200	NSYCRN54200-M	CRN54200-M
600	400	200	NSYCRN64200-M	CRN64200-M
700	500	250	NSYCRN75250-M	CRN75250-M
800	600	250	NSYCRN86250-M	CRN86250-M
800	600	300	NSYCRN86300-M	CRN86300-M
1000	800	300	NSYCRN108300-M	CRN108300-M
1200	800	300	NSYCRN128300-M	CRN128300-M
1400	1000	300	NSYCRN1410300-M	CRN1410300-M

Fuente: [11]



Anexos II Pulsadores industriales

PICTURE	ITEM NO.	MOUNTING DIA mm	CONTACT CONFIGURATION	COLOR	
 FLAT PUSHBUTTON	CK-22P1	φ 22	1 N/O	●	
	CK-22P2		1 N/C		
	CK-22P12		1 N/O+1 N/C		
	 FLAT PUSHBUTTON	CK-25P1	φ 25	1 N/O	●
		CK-25P2		1 N/C	
		CK-25P12		1 N/O+1 N/C	
 FLAT PUSHBUTTON	CK-30P1	φ 30	1 N/O	●	
	CK-30P2		1 N/C		
	CK-30P12		1 N/O+1 N/C		
 EXTENDED PUSHBUTTON	CK-22PF1	φ 22	1 N/O	●	
	CK-22PF2		1 N/C		
	CK-22PF12		1 N/O+1 N/C		
	 EXTENDED PUSHBUTTON	CK-25PF1	φ 25	1 N/O	●
		CK-25PF2		1 N/C	
		CK-25PF12		1 N/O+1 N/C	
 EXTENDED PUSHBUTTON	CK-30PF1	φ 30	1 N/O	●	
	CK-30PF2		1 N/C		
	CK-30PF12		1 N/O+1 N/C		
 MUSHROOM HEAD PUSHBUTTON	CK-22PM1	φ 22 HEAD: 41mm	1 N/O	●	
	CK-22PM2		1 N/C		
	CK-22PM12		1 N/O+1 N/C		
	 MUSHROOM HEAD PUSHBUTTON	CK-25PM1	φ 25 HEAD: 40mm	1 N/O	●
		CK-25PM2		1 N/C	
		CK-25PM12		1 N/O+1 N/C	
 MUSHROOM HEAD PUSHBUTTON	CK-30PM1	φ 30 HEAD: 41mm	1 N/O	●	
	CK-30PM2		1 N/C		
	CK-30PM12		1 N/O+1 N/C		
 PUSH LOCK & PUSH RESET PUSHBUTTON	CK-22PLR1	φ 22 HEAD: 41mm	1 N/O	●	
	CK-22PLR2		1 N/C		
	CK-22PLR12		1 N/O+1 N/C		
	 PUSH LOCK & PUSH RESET PUSHBUTTON	CK-25PLR1	φ 25 HEAD: 35mm	1 N/O	●
		CK-25PLR2		1 N/C	
		CK-25PLR12		1 N/O+1 N/C	
 PUSH LOCK & PUSH RESET PUSHBUTTON	CK-30PLR1	φ 30 HEAD: 41mm	1 N/O	●	
	CK-30PLR2		1 N/C		
	CK-30PLR12		1 N/O+1 N/C		
 PUSH LOCK & TURN RESET PUSHBUTTON	CK-22PL1	φ 22 HEAD: 38mm	1 N/O	●	
	CK-22PL2		1 N/C		
	CK-22PL12		1 N/O+1 N/C		
	 PUSH LOCK & TURN RESET PUSHBUTTON	CK-25PL1	φ 25 HEAD: 35mm	1 N/O	●
		CK-25PL2		1 N/C	
		CK-25PL12		1 N/O+1 N/C	
 PUSH LOCK & TURN RESET PUSHBUTTON	CK-30PL1	φ 30 HEAD: 38mm	1 N/O	●	
	CK-30PL2		1 N/C		
	CK-30PL12		1 N/O+1 N/C		
 KNOB OPERATED SELELOR SWITCH, 2 POSITION	CK-22SLS21	φ 22	1 N/O	●	
	CK-22SLS22		1 N/C		
	CK-22SLS212		1 N/O+1 N/C		
	 KNOB OPERATED SELELOR SWITCH, 2 POSITION	CK-25SLS21	φ 25		1 N/O
		CK-25SLS22			1 N/C
		CK-25SLS212			1 N/O+1 N/C
 KNOB OPERATED SELELOR SWITCH, 2 POSITION	CK-30SLS21	φ 30	1 N/O		
	CK-30SLS22		1 N/C		
	CK-30SLS212		1 N/O+1 N/C		

Fuente: [11]



Anexos III Especificaciones de Display LCD EL-1602A

Pin	Symbol	External connection	Function
1	V _{SS}	Power supply	Signal ground for LCM (GND)
2	V _{DD}		Power supply for logic (+5V) for LCM
3	V ₀		Contrast adjust
4	RS	MPU	Register select signal
5	R/W	MPU	Read/write select signal
6	E	MPU	Operation (data read/write) enable signal
7~10	DB0-DB3	MPU	Four low order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM. These four are not used during 4-bit operation.
11~14	DB4-DB7	MPU	Four high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU
15	LED+	LED BKL power supply	Power supply for BKL "A" (5V)
16	LED-		Power supply for BKL "K" (GND)

Fuente: [13]

Anexos IV Especificaciones y Parámetros de los conectores

	Plug					Socket					Connector				
	TYPE	CODE	a	b	Φ	TYPE	CODE	a	b	Pg	TYPE	CODE	a	b	Φ
16A	2P+E	013(-4)	122	59	6	2P+E	113(-4)	131	88	21	2P+E	213(-4)	131	70	6
	3P+E	014	122	65	6	3P+E	114	132	91	21	3P+E	214	130	78	6
	3P+N+E	015	130	72	8	3P+N+E	115	132	98	21	3P+N+E	215	140	92	8
32A	2P+E	023(-4)	139	75	8	2P+E	123(-4)	149	100	21	2P+E	223(-4)	150	92	8
	3P+E	024	139	75	8	3P+E	124	149	100	21	3P+E	224	150	92	8
	3P+N+E	025	143	84	8	3P+N+E	125	151	104	21	3P+N+E	225	154	102	8
16A	2P+E	013L(-4)	141	59	8	TYPE	CODE	a	b	Pg	2P+E	213L(-4)	150	70	8
	3P+E	014L	141	65	8	2P+E	133	270	130	29	3P+E	214L	149	78	8
	3P+N+E	015L	169	72	10	3P+E	134	270	130	29	3P+N+E	215L	179	92	10
32A	2P+E	023L(-4)	178	75	10	3P+N+E	135	270	130	29	2P+E	223L(-4)	189	92	10
	3P+E	024L	178	75	10						3P+E	224L	189	92	10
	3P+N+E	025L	181	84	10						3P+N+E	225L	193	102	10
	TYPE	CODE	a	b	Pg						TYPE	CODE	a	b	Pg
63A	2P+E	033	230	109	36						2P+E	233	240	112	36
	3P+E	034	230	109	36						3P+E	234	240	112	36
	3P+N+E	035	230	109	36						3P+N+E	235	240	112	36

Fuente: [14]



Anexos V Posiciones para los rangos de tiempos

Time range series	Position of time range selector			
A	1S (0.05S-1S)	10S (0.1S-10S)	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)
B	3S (0.05S-3S)	30S (0.5S-30S)	3M (1S-3M)	30M (30S-30M)
C	6S (0.1S-6S)	60S (0.5S-60S)	6M (1S-6M)	60M (30S-60M)
D	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)	60M (30S-60M)	10H (10M-10H)
E	3M (1S-3M)	30M (30S-30M)	3H (3M-3H)	30H (1H-30H)

Fuente: [14]

Anexos VI Especificaciones de los tipos de relés

MODEL		MY SERIES			LY SERIES			MK SERIES	
MODEL		MY-2	MY-3	MY-4	LY-2	LY-3	LY-4	MK2P1	MK3P1
EXTERNAL DIMENSION (mm)	L	27.6			27.6	27.6	27.6	34.7	
	W	21.5			21.5	31.5	41.5	34.7	
	H	34			36	36	36	52	
CONTACT FORM		2A2B	3A3B	4A4B	2A2B	3A3B	4A4B	2A2B	3A3B
CONTACT CAPACITY		28V DC 220V AC			28V DC 220V AC			28V DC 220V AC	
		5A		3A	15A13A	10A		10A 5A	
COIL VOLTAGE	DC	6,12,24,36,110 V			6,12,24,36,48,110V			6,12,24,48,60,110,220V	
	AC	6,12,24,36,110,220V			6,12,24,36,48,110,220V			6,12,24,36,48,110,127,220,380V	
CONTACT RESISTANCE		≤ 50mΩ			≤ 50mΩ			≤ 50mΩ	
INSULATION RESISTANCE		≥ 1000MΩ			≥ 1000MΩ			≥ 500MΩ	
DIELECTRIC STRENGTH		1000V AC 50/60Hz			1500 AC 50/60 Hz			1500V AC 50/60Hz	
SERVICE LIFE	MECHANICAL	10,000,000			10,000,000			10,000,000	
	ELECTRICAL	100,000			100,000			100,000	
TERMINAL		OUTLET AND PRINTED-CIRCUIT BOARD			OUTLET AND PRINTED-CIRCUIT BOARD			OUTLET SOLDER	

Fuente: [14]



Anexos VII Código de programación

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Adafruit_MAX31865.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
Adafruit_MAX31865 max =
Adafruit_MAX31865(10, 11, 12, 13);
#define RREF 430.0
#define RNOMINAL 100.0
#define TSetVap 81.5 //Se establece el
valor de temperatura setpoint del vapor
#define TDifVap 1.0 //Se establece la
temperatura diferencial del vapor
#define TSetAgu 20.0 //Se establece el
valor de temperatura setpoint del agua
OneWire ourWire(2); //Se establece el pin
2 como bus OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire);
//Se declara una variable u objeto para
nuestro sensor
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
int Encendido = 0;
float TVapMin = TSetVap - TDifVap;
//float TVapMax = TSetVap + TDifVap;
float TVapMax = TSetVap;
float TVap = 0;
float Tagu = 0;
int online = 0;
```

```
int encendedor = 0;
const int KEV = 3; //RELE VALVULA
const int KE = 4; // RELE ENCENDEADOR
const int KB = 6; // RELE BOMBA
const int KV = 7; // RELE
VENTILADORES
const int START = 8; // BOTON START
const int STOP = 5; // BOTON STOP
const int RES = 9; // BOTON RESET
void setup()
{
pinMode(RES, INPUT);
pinMode(START, INPUT);
pinMode(STOP, INPUT);
pinMode(KEV, OUTPUT);
pinMode(KE, OUTPUT);
pinMode(KB, OUTPUT);
pinMode(KV, OUTPUT);
Serial.begin(115200);
max.begin(MAX31865_3WIRE);
lcd.init();
lcd.backlight();
sensors.begin(); //Se inicia el sensor
}
void loop() {
//lectura del valor del sensor de agua
tanque enfriamiento
// LECTURA DS12B20
```



```
sensors.requestTemperatures(); //Se envía
el comando para leer la temperatura
float          temp          =
sensors.getTempCByIndex(0); //Se
obtiene la temperatura en °C
//LECTURA PT100 MAX31865
uint16_t rtd = max.readRTD();
float ratio = rtd;
ratio /= 32768;
uint8_t fault = max.readFault();
if (fault) {
Serial.print("Fault          0x");
Serial.println(fault, HEX);
if          (fault          &
MAX31865_FAULT_HIGHTHRESH) {
Serial.println("RTD High Threshold");
}
if          (fault          &
MAX31865_FAULT_LOWTHRESH) {
Serial.println("RTD Low Threshold");
}
if          (fault          &
MAX31865_FAULT_REFINLOW) {
Serial.println("REFIN- > 0.85 x Bias");
}
if          (fault          &
MAX31865_FAULT_REFINHIGH) {
Serial.println("REFIN- < 0.85 x Bias -
FORCE- open");
```

```
}
if          (fault          &
MAX31865_FAULT_RTDINLOW) {
Serial.println("RTDIN- < 0.85 x Bias -
FORCE- open");
}
if (fault & MAX31865_FAULT_OVUV) {
Serial.println("Under/Over voltage");
}
max.clearFault();
}
TVap = max.temperature(RNOMINAL,
RREF);
if (temp > 0 )
{
Tagu = temp;
}
if (TVap > 65)
{
digitalWrite(KB, HIGH);
Serial.print("Bomba ON, temperatura del
vapor: ");
Serial.println(TVap);
if (Tagu > 15)
{
digitalWrite(KV, HIGH);
Serial.print("Ventilador on, Temperatura
del agua: ");
Serial.println(Tagu);
```



```
}  
if (Tagu <12)  
{  
digitalWrite(KV, LOW);  
Serial.print("Ventilador OFF, Temperatura  
del agua: ");  
Serial.println(Tagu);  
}  
}  
if (TVap < 54)  
{  
digitalWrite(KB, LOW);  
Serial.print("Bomba OFF, temperatura del  
vapor: ");  
Serial.println(TVap);  
}  
if (digitalRead(START) == HIGH)  
{  
online = 1;  
Serial.println("START");  
}  
if (digitalRead(START) == LOW)  
{  
online = 0 ;  
Serial.println("START");  
}  
if (digitalRead(STOP) == HIGH)  
{  
online = 0;
```

```
Serial.println("STOP");  
}  
if (digitalRead(RES) == HIGH)  
{  
encendedor = 1;  
Serial.println("RESET");  
}  
if (online == 1)  
{  
Serial.println("online");  
}  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("T1:");  
lcd.setCursor(4, 0);  
lcd.print(TVap);  
lcd.setCursor(8, 0);  
lcd.print(" C");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("T2:");  
lcd.setCursor(4, 1);  
lcd.print(Tagu);  
lcd.setCursor(8, 1);  
lcd.print(" C");  
if (TVap < TVapMin)  
{  
Serial.println("TVap < TVapMin;  
encendido=1");  
Encendido = 1;  
}
```



```
if ( TVap > TVapMax)
{
Serial.println(" TVap > TVapMax ;
encendido=0");
Encendido = 0;
}
Encendido=Encendido*online;
Serial.println(Encendido);
if (Encendido == 1)
{
Serial.println("LLAMA ENCENDIDA");
digitalWrite(KEV, HIGH);
if (encendedor == 1)
{
delay(700);
digitalWrite(KE, HIGH);
delay(800);
encendedor = 0;
digitalWrite(KE, LOW);
}
}
if (Encendido == 0)
{
digitalWrite(KEV, LOW);
digitalWrite(KE, LOW);
}
}
```



Anexos VIII Interruptores Termomagnéticas IEC

Referencia	Tipo	Número de polos	Capacidad nominal	Curva
12911	Domae	1P	6 A	C
12912	Domae	1P	10 A	C
12913	Domae	1P	16 A	C
12914	Domae	1P	20 A	C
12915	Domae	1P	25 A	C
12916	Domae	1P	32 A	C
12917	Domae	1P	40 A	C
12593	Domae	1P	50 A	C
12594	Domae	1P	63 A	C
12989	Domae	2P	40 A	C
12595	Domae	2P	50 A	C

Fuente: [11]

Anexos IX Protecciones Termomagnéticas IEC

Referencia	Tipo	Número de polos	Capacidad nominal	Curva
12991	Domae	2P	6 A	C
12992	Domae	2P	10 A	C
12993	Domae	2P	16 A	C
12994	Domae	2P	20 A	C
12995	Domae	2P	25 A	C
12996	Domae	2P	32 A	C
12989	Domae	2P	40 A	C
12595	Domae	2P	50 A	C
12596	Domae	2P	63 A	C
12778	Domae	3P	6 A	C
12779	Domae	3P	10 A	C
12780	Domae	3P	16 A	C
12781	Domae	3P	20 A	C
12782	Domae	3P	25 A	C
12783	Domae	3P	32 A	C
12769	Domae	3P	40 A	C
12597	Domae	3P	50 A	C
12598	Domae	3P	63 A	C



Anexos X Pruebas - Destilación artesanal

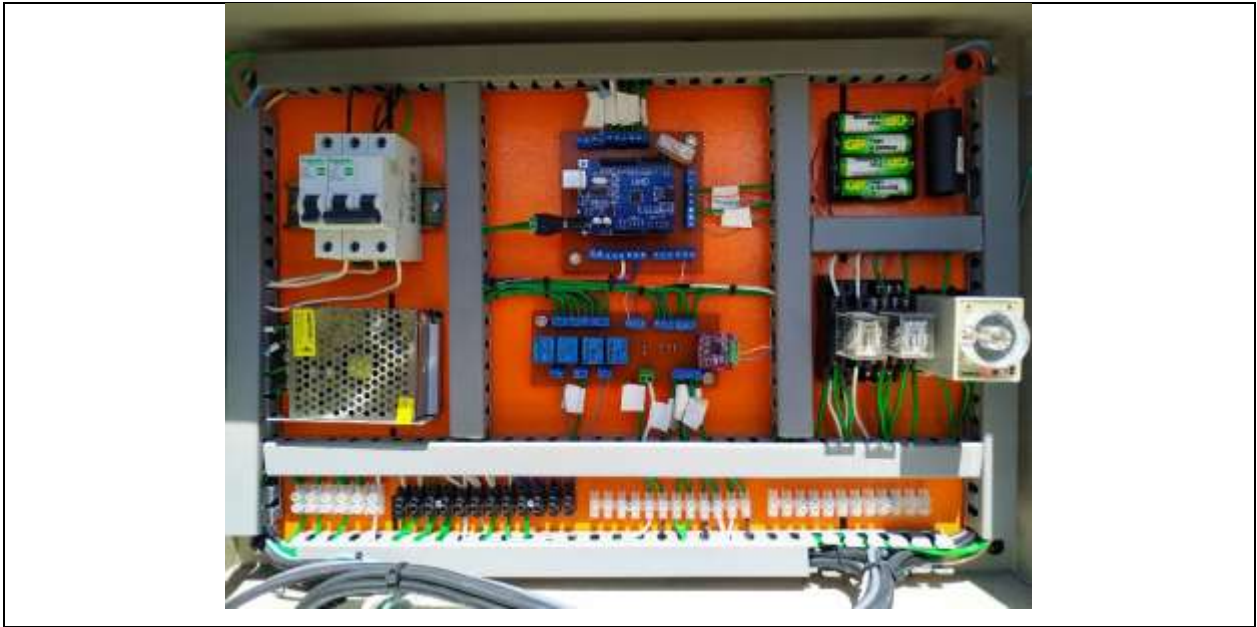
Destilación Artesanal 1					
Tiempo (min):	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	150	675	1075	675	425
Grados de alcohol v/v	70	65	55	45	35
Destilación Artesanal 2					
Tiempo (min):	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	150	600	1050	675	375
Grados de alcohol v/v	70	68	58	45	38
Destilación Artesanal 3					
Tiempo (min):	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	200	750	1300	975	675
Grados de alcohol v/v	70	65	55	45	35

Anexos XI Pruebas - Destilación automatizada

Destilación Artesanal 1					
Tiempo (min):	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	150	675	1075	675	425
Grados de alcohol v/v	70	65	55	45	35
Destilación Artesanal 2					
Tiempo (min):	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	150	600	1050	675	375
Grados de alcohol v/v	70	68	58	45	38
Destilación Artesanal 3					
Tiempo (min):	40	60	120	180	240
Volumen (ml)	200	750	1300	975	675
Grados de alcohol v/v	70	65	55	45	35

Anexos XIV Diseño y construcción del tablero de control





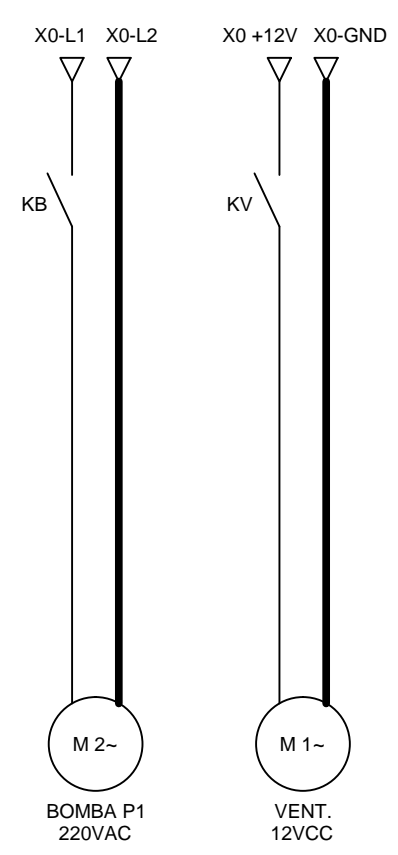
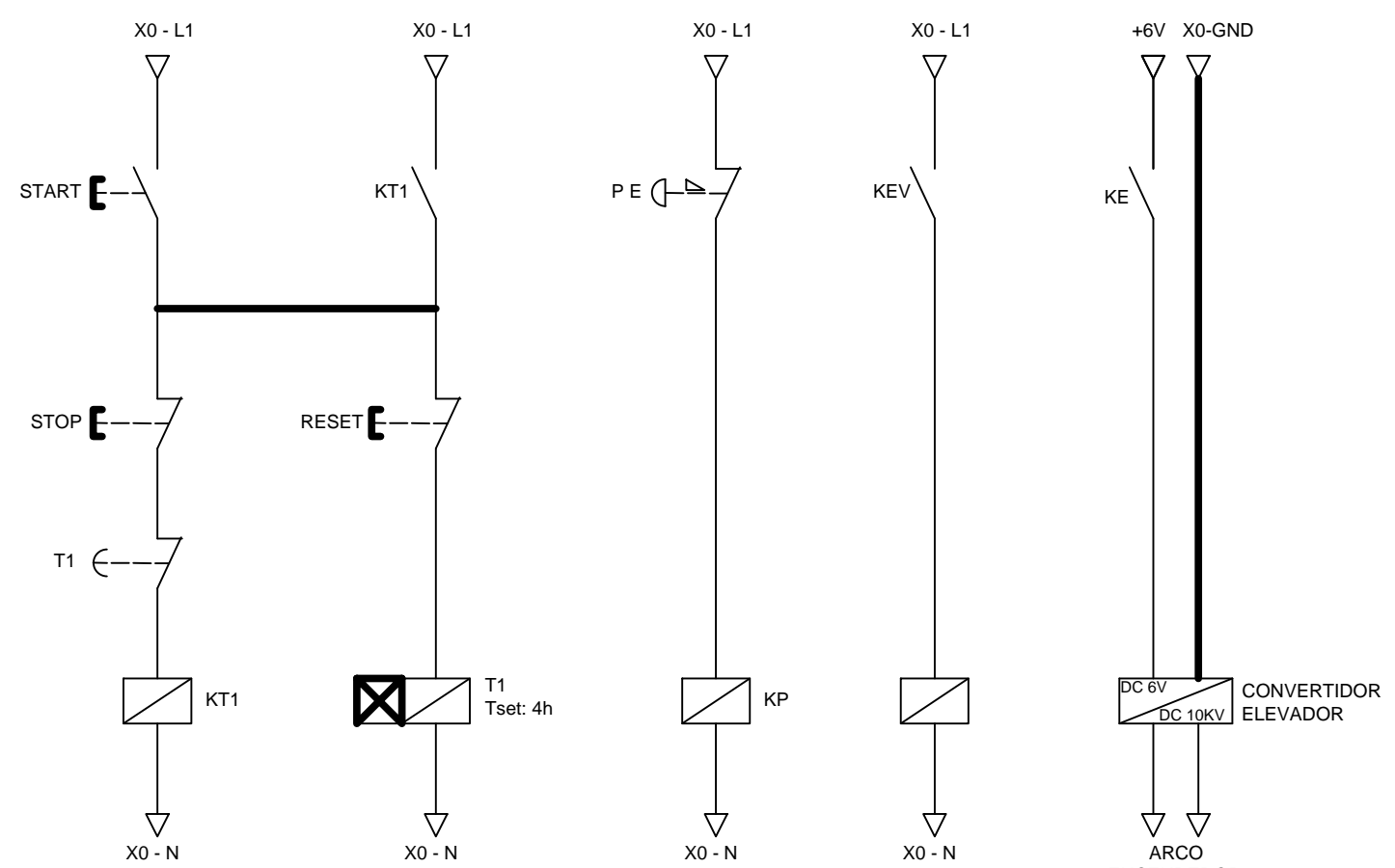
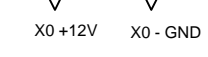
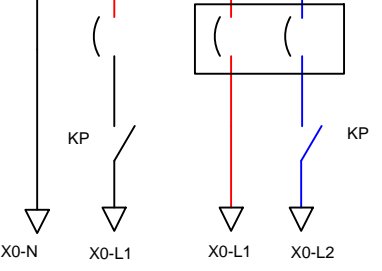
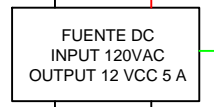
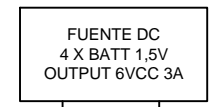
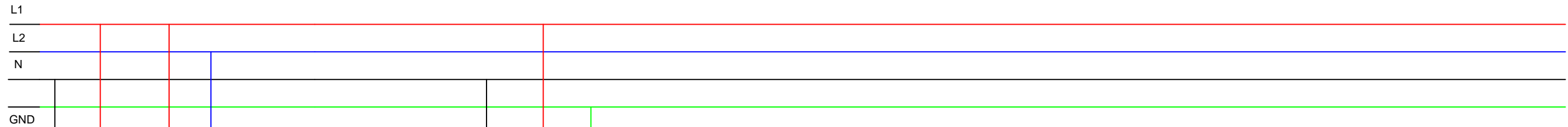
Anexos XV Quemador con encendido por arco eléctrico con llama piloto



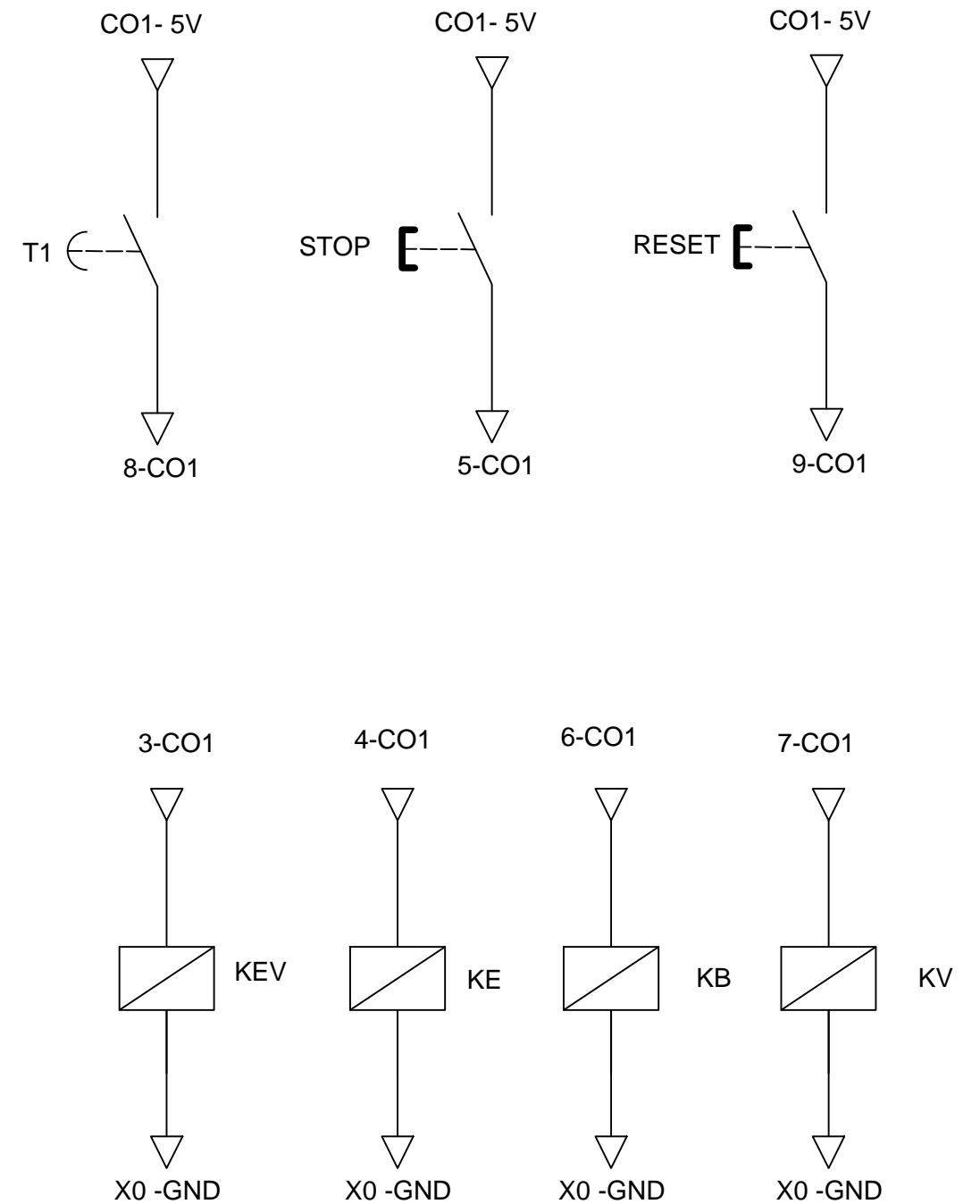
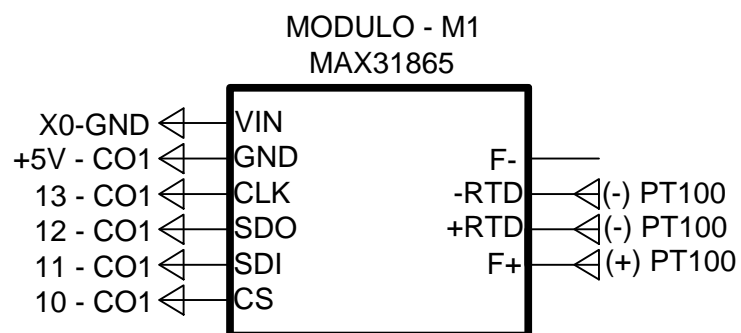
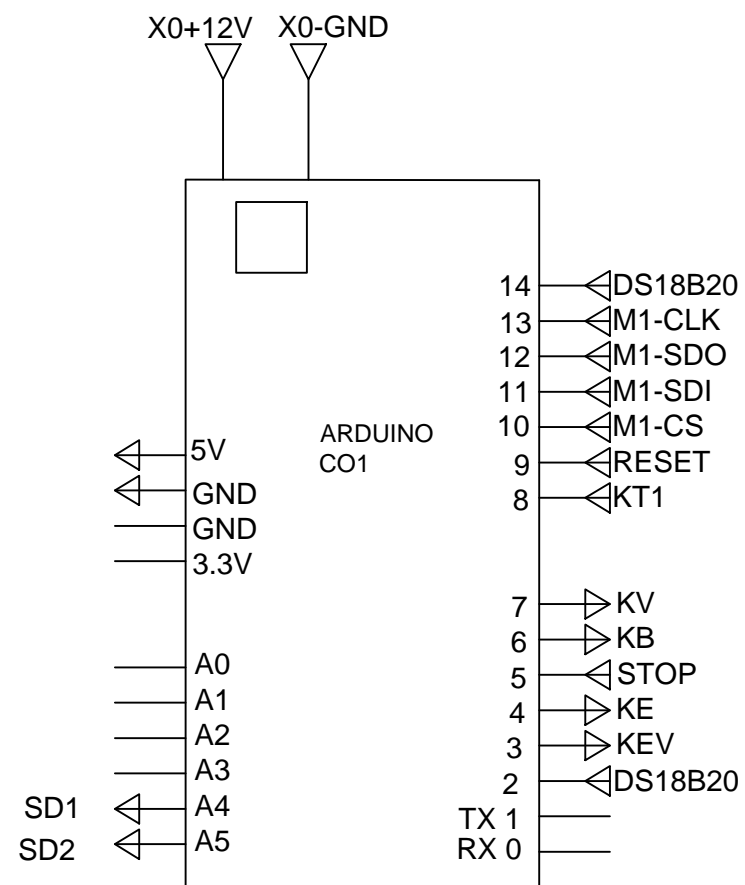


Ingeniería
Electromecánica



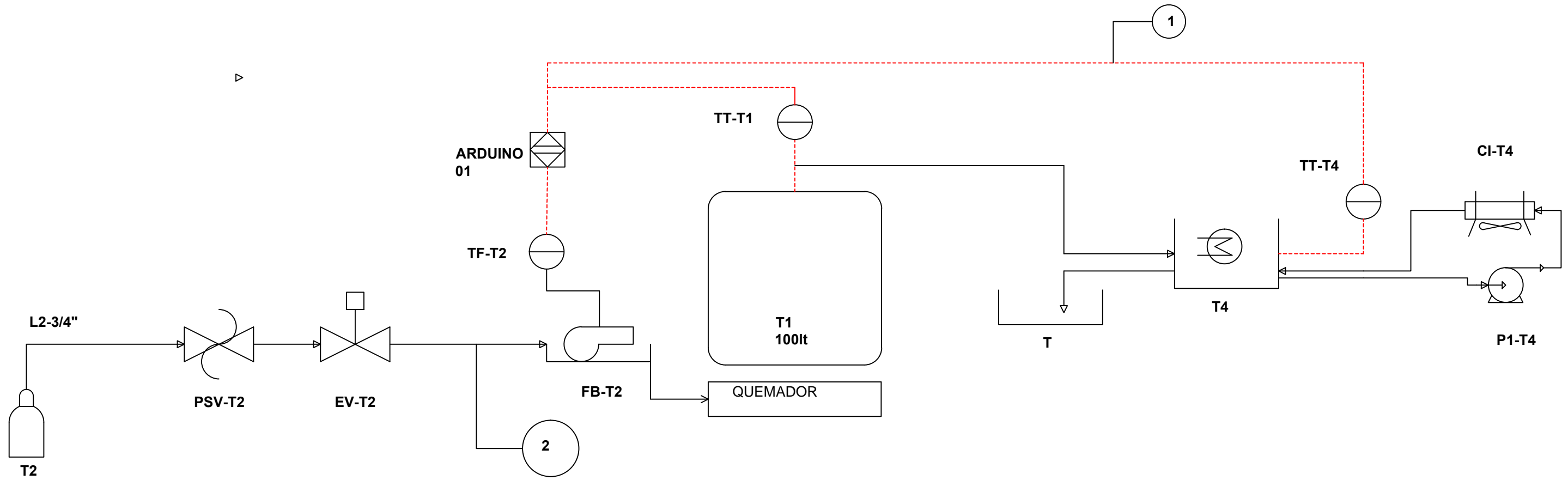


UTC	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	DIS.	Pesantez C/Puco J	
		DIB.	Pesantez C/Puco J	
		REV.	MSc. Luis Cruz	
TEMA: Diagrama Unifilar Tablero Eléctrico de Control		Mes/Año: 09/2020	ESC.	
		LAMINA N.-01		



UTC	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	DIS.	Pesantez C/Puco J	
		DIB.	Pesantez C/Puco J	
		REV.	MSc. Luis Cruz	
TEMA: Conexión Terminales Arduino Uno y elementos de control		Mes/Año: 09/2020		ESC.
		LAMINA N.- 02		

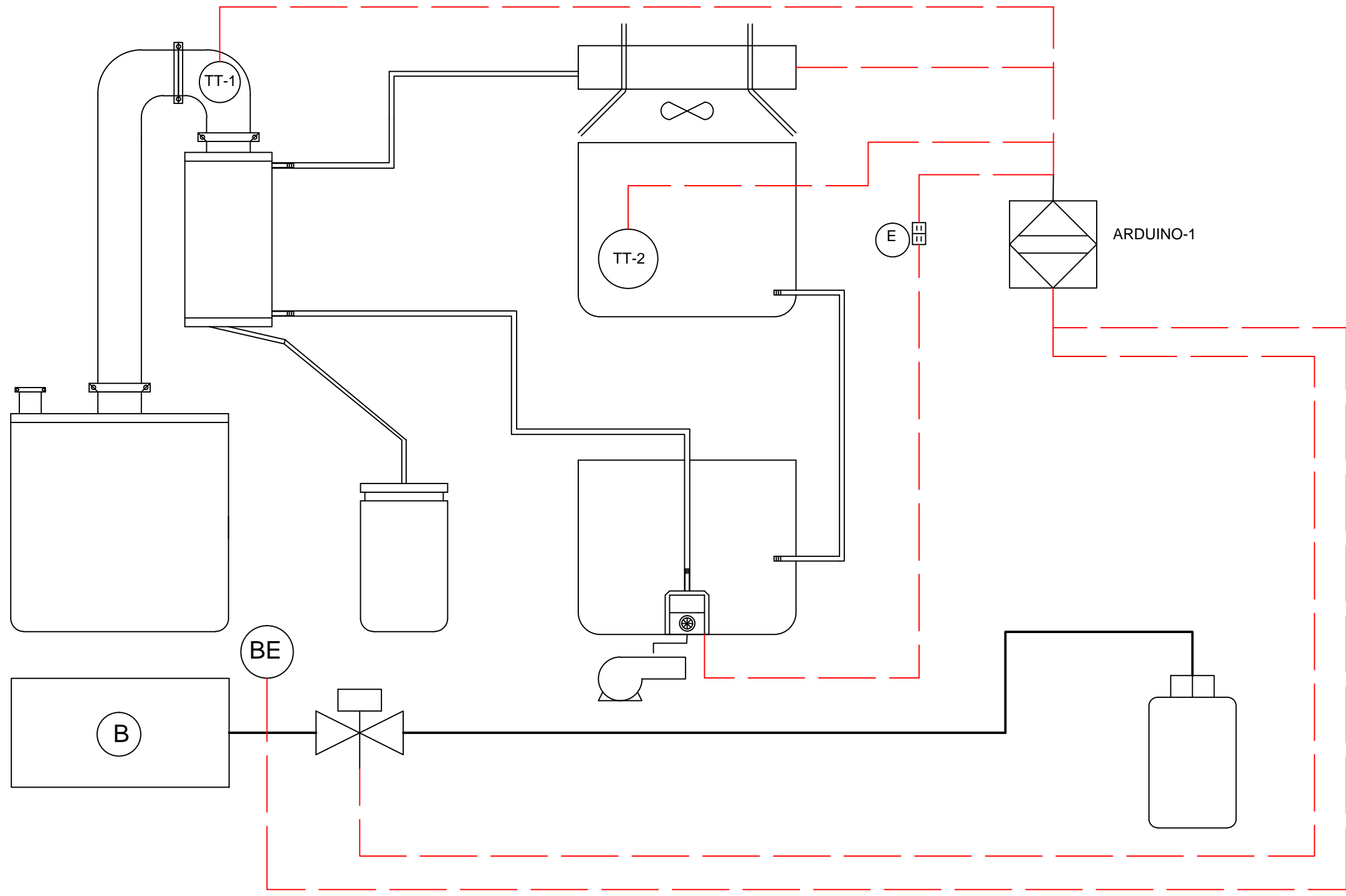
DIAGRAMA DE CONTROL



PSV-T2	Válvula para gas uso industrial
EV-T2	Electroválvula N.C. Airtac 2P025-08
FB-T2	Módulo detector de llama
TF-T2	Transmisor de flama
TT-T1	Termocupla PT100
TT-T4	Sensor de temperatura DS18B20
CI-T4	Ventilador DC 12v
P1-T4	Bomba sumergible
①	Cáble eléctrico
②	Tuberia

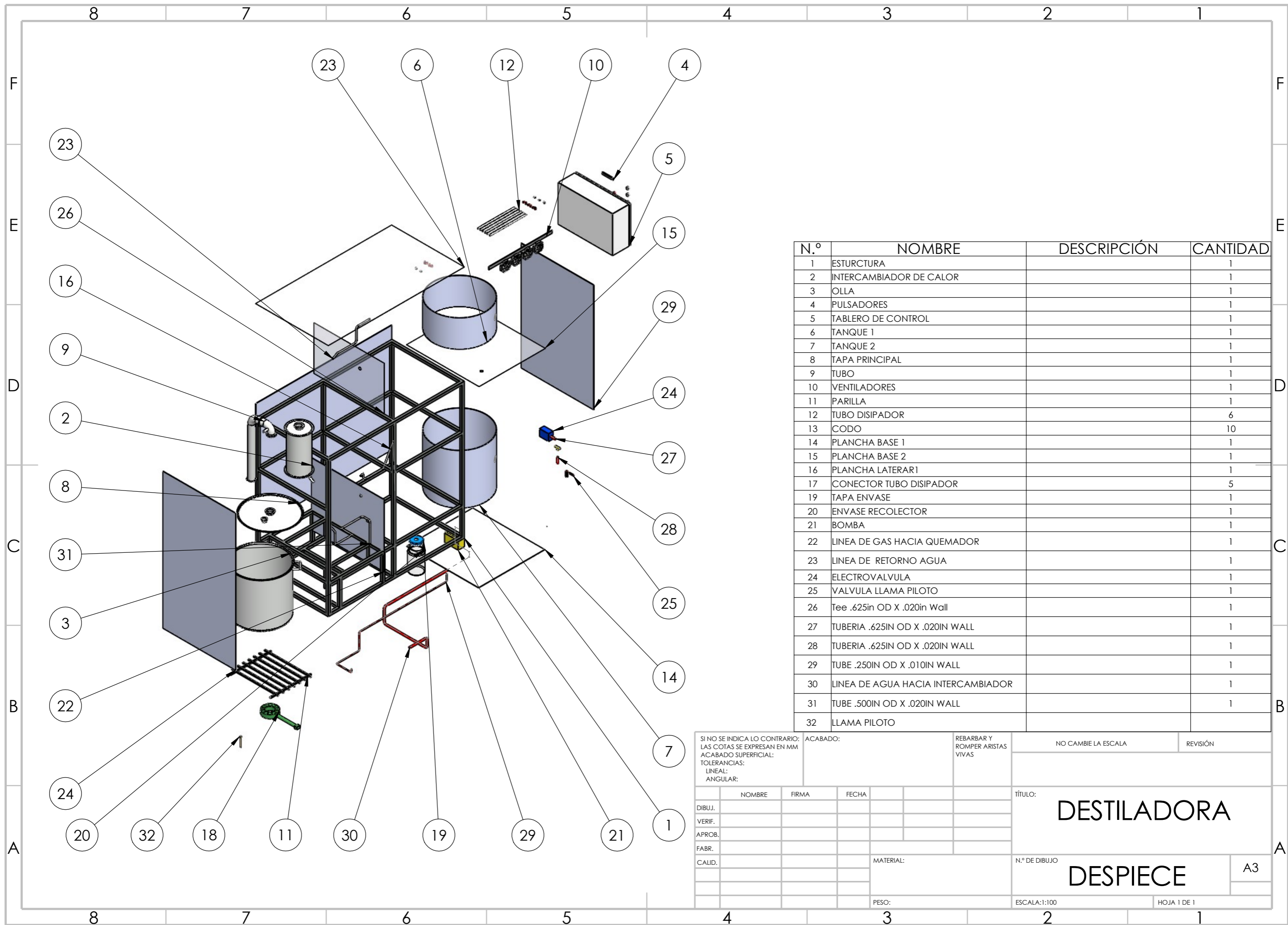
UTC	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	DIS.	Pesantez C/Puco J	
		DIB.	Pesantez C/Puco J	
		REV.	MSc. Luis Cruz	
TEMA:		Mes/Año: 09/2020	ESC.	
Diagrama de Control y Tuberia				
		LAMINA N.-03		

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CONTROL Y TUBERIA



SIMBOLOGÍA	
	QUEMADOR
	SENSOR DE FLAMA
	TRANSMISOR DE TEMPERATURA -01
	TRANSMISOR DE TEMPERATURA -02
	VOLTAJE
	VENTILADOR
	BOMBA SUMERGIBLE
	ELECTROVÁLVULA PARA GAS
- - - - -	
CÁBLE ELÉCTRICO	
TUBERIA	

UTC	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	DIS.	Pesantez C/Puco J	
		DIB.	Pesantez C/Puco J	
TEMA:		REV.	MSc. Luis Cruz	
Diagrama Conexión y Tubería			Mes/Año: 09/2020	ESC.
			LAMINA N.- 04	



N.º	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ESTURCTURA		1
2	INTERCAMBIADOR DE CALOR		1
3	OLLA		1
4	PULSADORES		1
5	TABLERO DE CONTROL		1
6	TANQUE 1		1
7	TANQUE 2		1
8	TAPA PRINCIPAL		1
9	TUBO		1
10	VENTILADORES		1
11	PARILLA		1
12	TUBO DISIPADOR		6
13	CODO		10
14	PLANCHA BASE 1		1
15	PLANCHA BASE 2		1
16	PLANCHA LATERAR1		1
17	CONECTOR TUBO DISIPADOR		5
19	TAPA ENVASE		1
20	ENVASE RECOLECTOR		1
21	BOMBA		1
22	LINEA DE GAS HACIA QUEMADOR		1
23	LINEA DE RETORNO AGUA		1
24	ELECTROVALVULA		1
25	VALVULA LLAMA PILOTO		1
26	Tee .625in OD X .020in Wall		1
27	TUBERIA .625IN OD X .020IN WALL		1
28	TUBERIA .625IN OD X .020IN WALL		1
29	TUBE .250IN OD X .010IN WALL		1
30	LINEA DE AGUA HACIA INTERCAMBIADOR		1
31	TUBE .500IN OD X .020IN WALL		1
32	LLAMA PILOTO		

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: ACABADO: REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

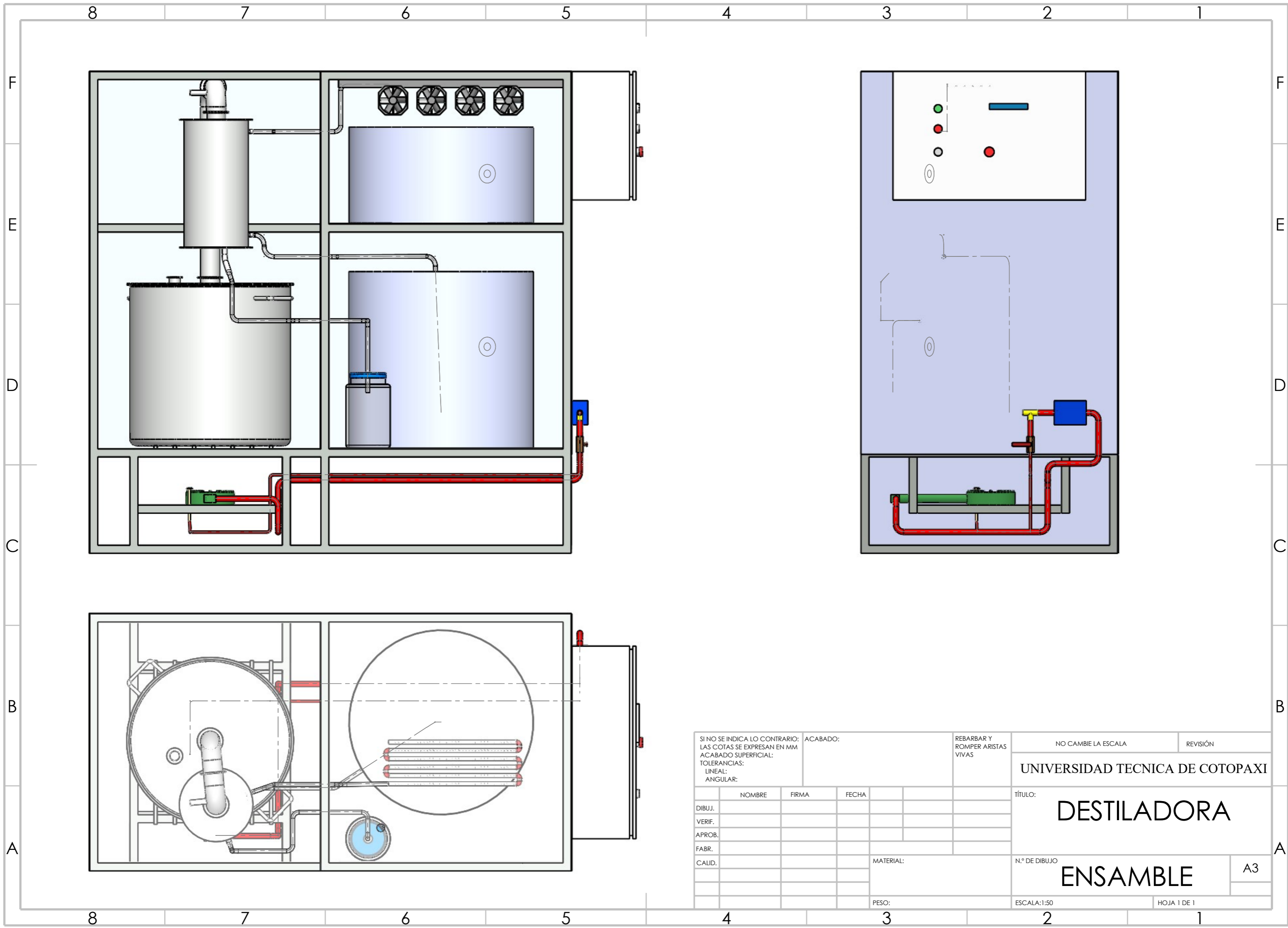
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:

NO CAMBIE LA ESCALA REVISIÓN

NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
DIBUJ.			DESTILADORA
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

N.º DE DIBUJO **DESPIECE** A3

PESO: ESCALA:1:100 HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
					TÍTULO: DESTILADORA	
					N.º DE DIBUJO ENSAMBLE	
					A3	
					ESCALA:1:50	
					HOJA 1 DE 1	

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.					
				MATERIAL:	
				PESO:	