



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE VERDURAS
AUTOMATIZADO PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE
BRÓCOLI PARA LA EMPRESA PROAGRIP”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

ALEX GIOVANNI LÓPEZ TAPIA

Riobamba - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE VERDURAS
AUTOMATIZADO PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE
BRÓCOLI PARA LA EMPRESA PROAGRIP”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: ALEX GIOVANNI LÓPEZ TAPIA

DIRECTOR: Ing. EDUARDO FRANCISCO GARCÍA CABEZAS

Riobamba - Ecuador

2022

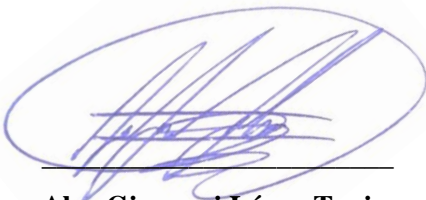
©2022, Alex Giovanni López Tapia

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, ALEX GIOVANNI LÓPEZ TAPIA declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de marzo de 2022




Alex Giovanni López Tapia

C.I. 180513949-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE VERDURAS AUTOMATIZADO PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE BRÓCOLI PARA LA EMPRESA PROAGRIP”**, realizado por el señor: **ALEX GIOVANNI LÓPEZ TAPIA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marcelo Esteban Calispa Aguilar M.Sc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-03-15
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-03-15
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-03-15

DEDICATORIA

Como hombre de fe, el presente trabajo es dedicado a Dios al igual que todo logro a lo largo de mi vida, a mis padres y hermanos por todo el esfuerzo y apoyo que me han dado a lo largo de mi carrera y a mi novia Doménica por el cambio que representó dentro de mi vida universitaria.

Alex

AGRADECIMIENTO

Con todo mi corazón agradezco a todos que aportaron para mi preparación y formación en esta bella carrera, en especial a mis familiares, docentes, amigos como Raúl Morillo y David Renau, quienes siempre pude contar con su apoyo.

Alex

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
SUMMARY.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.	Antecedentes.....	3
1.2.	Planteamiento del problema.....	4
1.2.1.	<i>Ubicación geográfica.....</i>	5
1.2.2.	<i>Alcance de Aplicación.....</i>	5
1.3.	Justificación.....	5
1.4.	Objetivos.....	6
1.4.1.	<i>Objetivo General.....</i>	6
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos.....</i>	6

CAPITULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.	Antecedentes.....	7
2.2.	Proceso de deshidratación.....	7
2.2.1.	<i>Métodos de deshidratado.....</i>	8
2.2.1.1.	<i>Deshidratación por osmosis.....</i>	8
2.2.1.2.	<i>Deshidratación por secado al sol.....</i>	8
2.2.1.3.	<i>Deshidratación por liofilización.....</i>	9
2.2.1.4.	<i>Deshidratación por congelación.....</i>	9
2.2.1.5.	<i>Deshidratación por evaporación superficial.....</i>	9
2.3.	Selección del método de deshidratado.....	10
2.4.	Equipo deshidratador.....	11
2.4.1.	<i>Tipos de deshidratadores.....</i>	11
2.4.1.1.	<i>Deshidratador o secador de bandas de dos etapas.....</i>	11
2.4.1.2.	<i>Deshidratador o secador por aspersion.....</i>	11

2.4.1.3.	<i>Deshidratador o secador de tambor</i>	12
2.4.1.4.	<i>Deshidratador o secador al vacío</i>	13
2.4.1.5.	<i>Deshidratador de bandejas</i>	14
2.4.1.6.	<i>Deshidratador de túnel</i>	14
2.5.	Selección del equipo deshidratador	15
2.6.	Fuente de calor	16
2.6.1.	<i>Selección de la fuente de calor del deshidratador</i>	17
2.7.	Automatización de procesos	17
2.7.1.	<i>Tablero de control eléctrico</i>	18
2.7.1.1.	<i>Gabinete</i>	19
2.7.1.2.	<i>Rieles metálicos</i>	19
2.7.1.3.	<i>Canaletas</i>	20
2.7.1.4.	<i>Borneras de conexiones</i>	20
2.7.1.5.	<i>Prensa cables</i>	21
2.7.1.6.	<i>Dispositivo de paro de emergencia</i>	21
2.7.1.7.	<i>Temporizador</i>	22
2.7.1.8.	<i>Contactores</i>	23
2.7.1.9.	<i>Breaker</i>	24
2.7.2.	<i>Termostato</i>	24
2.7.3.	<i>Actuadores de control de flujo de gas</i>	25
2.7.3.1.	<i>Válvula reguladora</i>	25
2.7.3.2.	<i>Electroválvula</i>	25
2.7.4.	<i>Diseño eléctrico</i>	26
2.8.	Termodinámica	26
2.8.1.	<i>Equilibrio térmico</i>	26
2.8.2.	<i>Calor específico</i>	27
2.8.3.	<i>Intercambiadores de calor</i>	27
2.9.	Diseño mecánico	28
2.9.1.	<i>Reglamento 21935/2004/CE</i>	28
2.9.2.	<i>Aceros inoxidables</i>	29
2.9.3.	<i>Acero AISI 304</i>	29
2.9.4.	<i>Acero AISI 201</i>	29
2.9.5.	<i>SolidWorks</i>	29

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	31
----	---------------------------------	----

3.1.	Tipo de Estudio.....	31
3.2.	Tipo de Investigación.....	31
3.3.	Método.....	31
3.3.1.	<i>Método Inductivo.....</i>	31
3.3.2.	<i>Método analítico.....</i>	31
3.4.	Etapas para la selección y construcción del equipo.....	32
3.5.	Recolección de información bibliográfica y definición de requerimientos.....	32
3.6.	Selección y modelado del tipo de deshidratador.....	32
3.6.1.	<i>Capacidad de la cámara.....</i>	33
3.6.1.1.	<i>Dimensiones de la cámara de deshidratado.....</i>	33
3.6.1.2.	<i>Modelado del tipo de deshidratador.....</i>	34
3.6.1.3.	<i>Análisis estructura.....</i>	35
3.6.1.4.	<i>Análisis estático con carga distribuida vertical.....</i>	35
3.6.2.	<i>Aire caliente limpio.....</i>	39
3.6.3.	<i>Temperatura constante en la cámara.....</i>	40
3.6.4.	<i>Control automático.....</i>	41
3.6.5.	<i>Selección de elementos y materiales.....</i>	42
3.6.5.1.	<i>Termostato.....</i>	42
3.6.5.2.	<i>Selección del temporizador.....</i>	43
3.6.5.3.	<i>Selección de la electroválvula.....</i>	44
3.6.5.4.	<i>Selección de ventiladores.....</i>	45
3.6.6.	<i>Construcción del equipo e instalación.....</i>	46
3.6.6.1.	<i>Elaboración del diagrama de actividades.....</i>	46
3.6.6.2.	<i>Construcción de la cámara de deshidratado.....</i>	49
3.6.6.3.	<i>Estructura de la cámara.....</i>	49
3.6.6.4.	<i>Recubrimiento de la estructura.....</i>	50
3.6.6.5.	<i>Construcción del intercambiador de calor.....</i>	51
3.6.6.6.	<i>Cilindro interno.....</i>	51
3.6.6.7.	<i>Cilindro exterior.....</i>	52
3.6.6.8.	<i>Construcción de los ductos de conexión entre el intercambiador y la cámara.....</i>	53
3.6.6.9.	<i>Instalación del sistema eléctrico.....</i>	53
3.6.6.10.	<i>Instalación en la planta.....</i>	54

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y DETERMINACIÓN DE TIEMPOS.....	55
4.1.	Temperatura vs tiempo en la cámara.....	55

4.2.	Calor absorbido sin pérdidas	56
4.3.	Cálculo de calor absorbido con datos reales	57
4.4.	Determinación del tiempo de deshidratado	57
4.5.	Establecer normas de manejo, seguridad y mantenimiento del equipo	60
4.5.1.	<i>Programación de temperatura</i>	60
4.5.2.	<i>Programación del tiempo de permanencia</i>	60
4.5.3	<i>Modo de uso</i>	61
4.5.4	<i>Elementos de seguridad del equipo</i>	61
4.5.5	<i>Elementos de seguridad del equipo</i>	61
4.6	Socialización en la empresa sobre el manejo y mantenimiento del deshidratador	61
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	63
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Datos generales de la ubicación.....	4
Tabla 1-2:	Selección del método de deshidratado.....	10
Tabla 2-2:	Selección del equipo deshidratador	16
Tabla 3-2:	Selección de la fuente de calor	17
Tabla 1-3:	Propiedades volumétricas – apoyo vertical	35
Tabla 2-3:	Propiedades mecánicas – apoyo vertical	36
Tabla 3-3:	Punto de sujeción – apoyo vertical.....	36
Tabla 4-3:	Cargas – apoyo vertical	37
Tabla 5-3:	Análisis de tensiones – apoyo vertical.....	37
Tabla 6-3:	Análisis de desplazamiento – apoyo vertical.....	38
Tabla 7-3:	Análisis de deformaciones unitarias– apoyo vertical	38
Tabla 8-3:	Características del termostato.....	42
Tabla 9-3:	Datos generales de la ubicación.....	46
Tabla 10-3:	Datos generales de la ubicación.....	46
Tabla 1-4:	Incremento de la temperatura en cámara vacía y llena.....	55
Tabla 2-4:	Porcentaje de humedad según las variables tiempo y temperatura.....	57
Tabla 3-4:	Tabla de operaciones del diseño factorial A x B.	58
Tabla 4-4:	Tabla ANOVA.....	58
Tabla 5-4:	Tabla de promedios del porcentaje de humedad.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ubicación de la empresa – PROAGRIP	5
Figura 1-2:	Deshidratador de bandas de dos etapas.....	11
Figura 2-2:	Deshidratador por aspersion	12
Figura 3-2:	Deshidratador de tambor.....	13
Figura 4-2:	Deshidratador al vacío.	13
Figura 5-2:	Deshidratador de bandejas.	14
Figura 6-2:	Deshidratador de bandejas.	15
Figura 7-2:	Partes del tablero de control.....	18
Figura 8-2:	Gabinete.	19
Figura 9-2:	Riel metálico.	19
Figura 10-2:	Canaleta.	20
Figura 11-2:	Borneras.	20
Figura 12-2:	Prensa cables.....	21
Figura 13-2:	Paro de emergencia.	22
Figura 14-2:	Temporizador.....	23
Figura 15-2:	Contactador.....	23
Figura 16-2:	Interruptor de circuito.	24
Figura 17-2:	Termostato con su bulbo y esquema eléctrico de los contactos.....	24
Figura 18-2:	Termostato con su bulbo y esquema eléctrico de los contactos.....	25
Figura 19-2:	Electroválvula.	26
Figura 20-2:	Transferencia de calor a través de una pared diatérmica.	27
Figura 21-2:	Intercambiador de calor de flujo paralelo.....	28
Figura 1-3:	Etapas para la construcción.....	32
Figura 2-3:	Dimensiones de cámara de deshidratado.	34
Figura 3-3:	Dimensiones del cilindro interno del intercambiador de calor	40
Figura 4-3:	Parte exterior del intercambiador de calor.	40
Figura 5-3:	Diagrama de control.....	41
Figura 6-3:	Termostato.	42
Figura 7-3:	Diagrama de conexiones del termostato.	43
Figura 8-3:	Temporizador.....	43
Figura 9-3:	Datos técnicos electroválvula.....	44
Figura 10-3:	Tabla de selección.....	44
Figura 11-3:	Electroválvula.	45

Figura 12-3:	Ventilador.	45
Figura 13-3:	Estructura interna de la cámara.	49
Figura 14-3:	Cámara del deshidratador	51
Figura 15-3:	Cilindro interior.	52
Figura 16-3:	Cilindro exterior.	52
Figura 17-3:	Ducto de humedad.	53
Figura 18-3:	Equipo Instalado.	54
Figura 1-4:	Temperatura interior de la cámara.	56
Figura 2-4:	Porcentaje de humedad vs tiempo y temperatura.	59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Planos del equipo

ANEXO B: Construcción de la cámara de deshidratado

ANEXO C: Construcción de los ductos

ANEXO D: Construcción del intercambiador de calor

ANEXO E: Instalación del sistema eléctrico

ANEXO F: Producto procesado

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad la inserción de un deshidratador automatizado de verduras, con este equipo se logró implementar la producción de harina de brócoli en la empresa PROAGRIP ubicada en Ambato. Como punto de partida se realizó un estudio del arte sobre sistemas y equipos existentes cuya información sirvió para establecer los criterios del equipo, los cuales son: origen de la energía para la generación de calor, control de las variables temperatura y tiempo, circulación interna de aire. Con esta información se realizó una tabla de selección para la fuente de calor cuyo resultado fue el uso de gas GLP, siendo necesario un intercambiador de calor para no contaminar el producto a deshidratar; posteriormente, se definió que el material de la cámara de deshidratado sea de acero AISI-304. A continuación, se realizó el modelado y diseño de los planos teniendo en cuenta la capacidad de la cámara de deshidratado, elementos de control y de seguridad, también el diseño del diagrama eléctrico, con ello se facilitó la planificación en el ensamble del equipo y la compra de los materiales, con lo cual se procedió a la fabricación usando la maquinaria correspondiente y el equipo de protección personal, siguiendo los planos y diagramas ya establecidos. En conclusión, los resultados establecen que la capacidad máxima en la cámara de deshidratado es de 60 kg de brócoli en fresco, llegando a una temperatura de 60 °C en 22 minutos a un tiempo de deshidratado entre 8 y 9 horas. Finalmente, se recomienda el uso de sensores de humedad en la cámara, para activar un extractor, logrando mayor control sobre el proceso.

Palabras clave: <DESHIDRATADOR INDUSTRIAL> <AUTOMATIZACIÓN>
<INTERCAMBIADOR DE CALOR> <PRODUCCIÓN> <HARINA DE BRÓCOLI>.

2234-DBRA-UTP-2022



SUMMARY

The purpose of this study was the implementation of an automated dehydrator for vegetables, with this equipment it was possible to improve the production of broccoli flour in PROAGRIP company located in Ambato; as a starting point, a study of the existing systems and equipment was carried out, and the information was necessary to establish the criteria for the equipment, which are: origin of the energy for heat generation, control of temperature and time variables, internal air circulation. With this information, a selection table was made for the heat source, the result of which was the use of LPG gas, a heat exchanger being necessary so as not to contaminate the product to be dehydrated, afterwards, the material of the dehydration chamber was defined to be AISI-304 steel. Next, the modeling and design of the plans were carried out, taking into account the capacity of the dehydration chamber, control and safety elements, as well as the design of the electrical diagram, which facilitated the planning of the assembly of the equipment and the purchase of materials, and then proceeded to manufacture the equipment according to the plans and diagrams already established, using the appropriate machinery and personal protection equipment. In conclusion, the results determine that the maximum capacity in the dehydration chamber is 60 kg of fresh broccoli, reaching a temperature of 60 °C in 22 minutes at a dehydration time between 8 and 9 hours. Finally, the use of humidity sensors in the chamber is recommended, to activate an extractor, achieving greater control over the process.

Keywords: <INDUSTRIAL DEHYDRATOR>, <AUTOMATED>, <HEAT EXCHANGER>, <PRODUCTION> <BROCCOLI FLOUR>.



Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.
C.I. 060311780-5

INTRODUCCIÓN

Tratar de mantener los productos con el mayor tiempo de vida útil ha sido una de las mayores necesidades de los productores de frutas y verduras, es por ello, que se ha buscado conservar los productos para su comercialización. Según Villén (2012) la técnica del deshidratado surgió en el Neolítico y hay indicios de que varias civilizaciones utilizaron este método, siendo la deshidratación el mejor sistema para conservar los alimentos. El proceso de deshidratación funciona al exponer el producto a altas temperaturas, lo que permite extraer la humedad evitando la proliferación de bacterias que degradan el alimento y sin alterar los nutrientes. La deshidratación no solo es útil para alargar la vida de los alimentos sino también facilita el almacenaje, transporte y manipulación de los mismos.

Según Berger (2013) antiguamente la deshidratación se hacía al aire libre, tanto al sol como a la sombra; este método, aunque más lento, era apreciado por su capacidad de preservar el aspecto original del alimento seco. Durante el siglo pasado se desarrollaron técnicas industriales de alta eficiencia. Existen deshidratadores solares, que aprovechan el principio de ascenso del aire caliente. Y también deshidratadores eléctricos, que constan de resistencias, ventiladores y permiten un mayor control sobre la temperatura.

En la actualidad el consumo de productos deshidratados está en boga, así mismo se ha popularizado la comercialización de productos saludables. La empresa PROAGRIP utilizando la técnica del deshidratado planea aprovechar el sobrante del brócoli, esta verdura es muy común y de bajo costo en Ecuador, sin embargo, existen épocas que el mercado establece precios bajos debido a un exceso de producción por parte de los agricultores y este tiende a ser desperdiciado. Es por ello, que al deshidratarlo y convertirlo en la harina se disminuirán las pérdidas provocadas en esas épocas.

La harina es prácticamente el resultado de moler el producto deshidratado. Las harinas son muy beneficiosas ya que conservan gran parte de las propiedades alimenticias, son usadas en sopas, coladas y postres. Además, este tipo de harinas son cotizadas por vegetarianos, intolerantes al gluten, diabéticos y personas que llevan un estilo de vida saludable. Es así que, este proyecto técnico dará como resultado un deshidratador, el mismo que la empresa PROAGRIP utilizará para producir harina que será comercializada a nivel nacional e internacional. En este documento se detallarán los lineamientos, procesos y materiales para la elaboración de esta máquina, aspectos agrupados de la siguiente forma, en cinco capítulos:

CAPÍTULO I, El Problema de Investigación; presenta el diagnóstico y planteamiento del problema, antecedentes, alcance de aplicación, justificación, y establece el objetivo general y los objetivos específicos.

CAPÍTULO II, Marco Teórico; dentro de este capítulo se establecen los antecedentes investigativos, la fundamentación filosófica y legal, además se desarrollan de las categorías fundamentales de las variables.

CAPÍTULO III, Marco Metodológico; en este capítulo se muestra el enfoque de la investigación siendo una investigación descriptiva, utilizando el método inductivo y analítico, se muestra el proceso de planeación y construcción del equipo.

Y finalmente el CAPÍTULO IV, Resultados; en este capítulo se detalla los resultados del proceso de deshidratación de brócoli, tablas de análisis, también se presentan las conclusiones y recomendaciones; las mismas que se establecen de manera sintetizada y que se vinculan de forma directa con la elaboración de la máquina.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

PROAGRIP CÍA. LTDA. es una empresa en Ecuador, con sede principal en Ambato. Opera en Comerciantes al por Mayor de Otros Comestibles y Productos Relacionados industria. La empresa fue fundada en 23 de abril de 2008, según su página oficial www.proagrip.com la empresa se dedica a la producción y comercialización de productos agrícolas y todo cuanto sea a fin.

Su misión es brindar productos de primera calidad a sus clientes a través de un equipo humano profesional y capaz, que refleje excelencia, eficiencia y calidad en el campo de la producción y comercialización de productos agrícolas. Y su visión es producir y comercializar productos agrícolas que satisfagan las necesidades de sus clientes, mejorando los procesos que les dará un crecimiento como empresa.

De esta manera, cumpliendo con su misión y visión las frutas y verduras de PROAGRIP para ser comercializadas en fresco a nivel nacional atraviesan un estricto control de calidad. Sus campos de producción y central de distribución se encuentran en diferentes cantones de Tungurahua. En definitiva, es una empresa con responsabilidad social corporativa, ya que genera empleo en las zonas rurales y promueve la comercialización de productos agrícolas de la zona centro del país.

Según la tesis desarrollada en la empresa PROAGRIP por los estudiantes de la Universidad de Ambato

“En la empresa PROAGRIP CÍA. LTDA., existe un deficiente manejo de productos perecibles, como lo son las verduras, hortalizas y frutas; lo que es causado principalmente por un proceso deficiente de Pedidos de Producción por parte del personal encargado, así como también del excesivo stock de inventarios y el inapropiado control de vencimiento de los productos por parte del personal a cargo de estas actividades. Es por lo anterior, que la empresa ha venido teniendo desperdicio de producto en gran volumen debido a que no se toma en cuenta el vencimiento del producto, es decir, en cuanto tiempo se echa a perder el mismo, con lo cual se fe afectada directamente la rentabilidad de la empresa lo que conlleva a consecuencias tanto a la

empresa en sí, como a sus empleados, accionistas; así como que se corre el riesgo de que exista una pérdida en el ejercicio económico” (Iza & Paz, 2015, p. 12)

En este contexto, PROAGRIP ha sufrido inconvenientes en la conservación de alimentos mucho antes de la crisis sanitaria producida por el COVID-19, situación que no ha sido solucionada y que se magnificó durante la pandemia, sobre todo con el brócoli. Es por eso que a través de la deshidratación se reducirá pérdidas y con ello expandirá sus horizontes comerciales, implementado la venta y posible exportación de harina de brócoli, ya que puede llegar a tener gran acogida en el extranjero por sus múltiples beneficios. El consumo de esta verdura a nivel internacional según Coba (2020), se ubica entre los 10 principales productos de exportación, lo que nos indica que hay potencial de compra en el exterior de este producto en fresco. Ventajosamente Ecuador produce brócoli todos los días del año, a diferencia de otros países que serían los principales competidores.

1.2. Planteamiento del problema

El problema del presente proyecto técnico radica en la carencia de un deshidratador de brócoli en la empresa PROAGRIP debido a que, por la actual crisis sanitaria producida por el COVID-19 ha sufrido bajas considerables en la venta de hortalizas y frutas frescas, esto representa pérdidas económicas ya que no todo el producto fresco logra ser comercializado, siendo el más afectado el brócoli, por ello, se ha tomado como alternativa producir harina de esta verdura, para que su producción no se desperdicie, la producción de harina de brócoli es un proyecto innovador a nivel mundial y tiene gran aceptación en otros países de la región, de allí que la producción inicial se aproxima a dos toneladas diarias de producto terminado para lo cual hay que procesar 8 toneladas métricas de brócoli fresco por día. En consecuencia, elaborar harina de brócoli ayudará a PROAGRIP a que mermen sus pérdidas, para ello se implementará una deshidratadora de verduras que debe tratar una demanda de 120 kg de brócoli fresco por día.

Tabla 1-1: Datos generales de la ubicación

Datos de la ubicación	
Nombre de la empresa:	PROAGRIP CÍA. LTDA
Ciudad:	Ambato
Dirección:	Alberto Rosero y Segundo Quiróz

Fuente: PROAGRIP LTDA

Realizado por: López Alex, 2022

1.2.1. *Ubicación geográfica*

Según la herramienta que nos ofrece Google maps se encuentra ubicada en las coordenadas de 1°13'27.0"S 78°35'59.4"W que representan la ubicación del lugar donde se va a implementar el equipo.



Figura 1-1: Ubicación de la empresa – PROAGRIP

Fuente: Google Maps, 2021

1.2.2. *Alcance de Aplicación*

Este deshidratador será propiedad de la empresa PROAGRIP y ellos pueden utilizarlo para la fabricación de harinas, no solo de brócoli, sino, de otro tipo de verduras, sobre todo puede ser usada en épocas que no sean temporada y así evitar el desperdicio de frutas, verduras y hortalizas. También puede ser usada por otras actividades de emprendimientos que requieran mantener las propiedades de la fruta por largos periodos de tiempo sin necesidad de añadir preservantes.

1.3. **Justificación**

Implementar un deshidratador industrial en la empresa PROAGRIP, permite aprovechar el producto que no logra ser comercializado, siendo este transformado en harina de brócoli aumenta la vida útil de este alimento, permitiendo ser comercializado en un lapso mayor de tiempo; al ser inyectado aire caliente limpio por medio de un intercambiador de calor, el producto deshidratado no sufre ningún tipo de contaminación durante el proceso, lo que garantiza la calidad del producto final.

El proceso es totalmente automático, lo que permite ahorrar energía apagando el sistema de calentamiento cuando la cámara llega a la temperatura máxima establecida, también, se instaló un sistema de ventilación interno que permite la recirculación de aire en el interior de la cámara,

al poder controlar la temperatura y el tiempo de permanencia, lo hace ideal para poder deshidratar otro tipo de frutas y verduras.

Gracias a los conocimientos adquiridos en las aulas de la carrera de ingeniería industrial y aplicando lo impartido principalmente en las cátedras de electrónica, automatización, procesos de manufactura, dibujo asistido por computadora y diseño experimental, ayudando al desarrollo de este trabajo tipo técnico, tomando en cuenta los principios recibidos en las cátedras ya nombradas.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo General*

Implementar un deshidratador de verduras automatizado aplicando los conocimientos de automatización, diseño experimental, CAD y procesos de manufactura para la producción de harina de brócoli en la empresa PROAGRIP.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Realizar el estudio del arte sobre sistemas existentes para el proceso de deshidratación de verduras para la definición de requerimientos técnicos y empresariales.
- Emplear la herramienta CAD SolidWorks para el diseño y modelado del sistema deshidratador a implementarse para la empresa PROAGRIP.
- Seleccionar los equipos y materiales a utilizarse para el control automático del sistema deshidratador de brócoli.
- Implementar el equipo deshidratador y ponerlo en marcha en las instalaciones de la empresa PROAGRIP.
- Ejecutar pruebas de funcionalidad en el equipo deshidratador para determinar su eficiencia.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Basado en trabajos técnicos en los cuales se requiere diferentes métodos de deshidratado, se puede estudiar cuales son los principales parámetros que ejercen en este proceso, de esta manera formar una base teórica que ayudará a la ejecución de este proyecto.

El proceso de deshidratación para la conservación de frutas y de otros alimentos data desde el periodo Neolítico, según Gómez Delgado (2019) con la necesidad de vivir una vida en comunidad, estableciéndose en un solo lugar, cultivando sus propios alimentos y mediante procesos simples de secado conservar los alimentos el mayor tiempo posible.

Para Herrera Jácome y Zapata Rojas (2015), es importante controlar las variables de temperatura y secado mediante una interfaz hombre máquina que se fácil de manipular, como resultado se debe tener la mejor combinación entre las variables mencionadas sin dañar las propiedades del producto deshidratado.

Para tener control sobre estas variables Reyes, Ramírez, Cruz, González, y Cerqueda (s. f.) afirma que los sensores ayudan al monitoreo del proceso de deshidratación, por lo que se debe conectar a una interfaz gráfica, proceso que debe ser automático y usar tarjetas o placas programables que controlen el procedimiento.

2.2. Proceso de deshidratación

Este proceso consiste en eliminar el agua de los alimentos mediante la elevación de temperatura y circulación de aire para Rodríguez (2018), la deshidratación o también conocido como desecado, es una técnica de conservación de alimentos más popular a lo largo de la historia, en un principio, este proceso se realizaba bajo el calor del sol y aire del medio ambiente, lo usaban para secar frutas, verduras y carnes, para ser usado en época de escases de alimentos, en el comercio estos alimentos deshidratados tienen la ventaja de reducción de peso y volumen. A continuación, se presentan las ventajas que proporcionan este proceso de conservación de alimentos.

- Aplicable a cualquier nivel, por ejemplo, puede usarse en poblaciones de escasos recursos, también para preservar alimentos de temporada, entre otras.

- La vida útil de los alimentos es muy extensa, conservando la mayoría de sus nutrientes.
- Pérdida de volumen y peso, como consecuencia los costos de almacenamiento, empaquetado y transporte se reducen.
- No precisa de instalaciones complejas para su almacenamiento
- Son compatibles para poder mezclarse con otro producto (Michelis & Ohaco, p. 6).

2.2.1. Métodos de deshidratado

Los métodos de deshidratado han ido evolucionando con el paso del tiempo, llevándolos a un nivel de producción y refinación, lo que ha hecho que en la actualidad existan métodos que ayudan a mejorar la calidad del producto y en menos tiempo. Los métodos que se presentan a continuación afectan de manera distinta a la calidad del producto terminado, cuya finalidad es adaptarse a los requerimientos de cierta población.

2.2.1.1. Deshidratación por osmosis

La deshidratación Osmótica (DO) es una técnica que aplicada a productos frutihortícolas permite reducir su contenido de humedad (hasta un 50-60 % en base húmeda) e incrementar el contenido de sólidos solubles. Si bien el producto obtenido no es estable para su conservación, su composición química permite obtener, después de un secado con aire caliente o una congelación, un producto final de buena calidad organoléptica. En este proceso el producto es puesto en contacto con una solución concentrada de alcohol, sales y/o azúcares, estableciéndose una doble transferencia de materia: agua desde el producto hacia la solución – junto con sustancias naturales (azúcares, vitaminas, pigmentos) – y, en sentido opuesto, solutos de la solución hacia el producto. En consecuencia, el alimento pierde agua, gana sólidos solubles y reduce su volumen (Arias, 2007).

2.2.1.2. Deshidratación por secado al sol

Este tipo de secado es una técnica sencilla en la cual el alimento es expuesto a una acción directa de la radiación solar con la cual se produce calor suficiente para extraer el agua en muchos de los alimentos. Existen dos tipos de Secadores dentro de los que se haya el de exposición directa, en que el producto preparado se expone al sol en una caja ventilada de paredes y tapa transparentes sobre una base aislada que absorbe el calor; pero este tipo de secadores no permiten controlar debidamente la temperatura ni la corriente de aire. Y los secaderos de exposición indirecta, en los que una trampa térmica inclinada y aislada dirige una corriente de aire calentado por el sol hacia lo alto de una torre, donde está expuesto el producto en bandejas de tela metálica (malla); la corriente de aire y la temperatura pueden controlarse mediante rejillas colocadas en los orificios de entrada y de salida del aire. La exposición directa se combina con la indirecta cuando las

paredes de un secadero indirecto se hacen de un material transparente a fin que el producto puesto a secar quede también expuesto en alguna medida al calor del sol. Para Murillo (2007) utilizando el método de secado solar indirecto se reduce el ritmo de pérdida de vitamina C del producto.

2.2.1.3. *Deshidratación por liofilización*

Liofilización o secado al vacío, proceso que consiste en la deshidratación de una sustancia por sublimación al vacío. Consta de tres fases: congelación, desecación primaria y desecación secundaria. La liofilización, ideada a principios del siglo XX, no se difundió hasta después de la II Guerra Mundial. Limitada inicialmente al campo de la sanidad (conservación de medicamentos), no se aplicó hasta 1958 al sector alimentario. Según, Murillo (2007) es una técnica costosa y enfocada a unos pocos alimentos, como la leche, la sopa, los huevos, la levadura, los zumos de frutas o el café. Este sistema presenta la ventaja que la evaporación del agua es más fácil con presiones bajas. En los secadores mediante vacío la transferencia de calor se realiza mediante radiación y conducción; puede funcionar por baches o mediante banda continua con esclusas de vacío en la entrada y la salida.

2.2.1.4. *Deshidratación por congelación*

Consiste en la eliminación de agua mediante sublimación directa desde el hielo, y esto se consigue manteniendo la temperatura y la presión por debajo de las condiciones del punto triple (punto en el que pueden coexistir los tres estados físicos, tomando el del agua un valor de 0,0098 °C). Este método presenta las siguientes ventajas: se reduce al mínimo la alteración física de las hortalizas, mejora las características de reconstitución y reduce al mínimo las reacciones de oxidación y de tratamiento térmico. Cuando se realiza la deshidratación mediante congelación acelerada se puede apurar la desecación colocando el material a deshidratar entre placas calientes (Murillo, 2007).

2.2.1.5. *Deshidratación por evaporación superficial*

Se produce cuando el producto tratado se somete a corrientes de aire caliente, por un tiempo determinado, como reacción de a este proceso, el líquido al interior se evapora, por lo que se comienza a desecar. Cabe mencionar que este es uno de los métodos más usados y también se lo conoce como deshidratación por aire caliente.

2.3. Selección del método de deshidratado

Para la selección del método de deshidratado, establecemos las características principales de cada uno, en las cuales se evaluarán según los parámetros que requiere la empresa, los cuales son:

- **Variedad de productos:** Como toda empresa tiene horizontes de expansión, por tanto, el método tiene que ser aplicado a otras verduras y frutos.
- **Capacidad:** Tiene que ser capaz de satisfacer la demanda que la empresa requiera.
- **Confiabilidad:** El método tiene que ser seguro al momento de ejecutarse y que el producto tratado tenga una buena calidad para el consumidor final.
- **Porcentaje de humedad:** el proceso tiene que asegurar un bajo porcentaje de humedad, no mayor al 16%
- **Costo de proceso:** La ejecución del proceso método seleccionado no puede elevar en demasía el precio de venta al público.

Para el desarrollo de la tabla 1-3 se designa un porcentaje de importancia, es importante que la suma de todos parámetros sea el 100%, después se asigna un valor de aceptabilidad del 1 al 5, donde 1 es poco aceptable y 5 es muy aceptable, por último, multiplicamos el porcentaje de importancia por el valor de aceptabilidad, cuyos resultados se suman para obtener un valor total, el valor más alto será el elegido.

Tabla 2-2: Selección del método de deshidratado

Parámetro	%	osmosis		solar		liofilización		congelación		evaporación	
Variedad de productos	0,3	4	1,2	4	1,2	2	0,6	5	1,5	5	1,5
Capacidad	0,1	4	0,4	2	0,2	3	0,3	3	0,3	4	0,4
Confiabilidad	0,2	3	0,6	3	0,6	3	0,6	3	0,6	4	0,8
Porcentaje de humedad final	0,3	2	0,6	3	0,9	3	0,9	3	0,9	4	1,2
Costo de proceso	0,1	2	0,2	4	0,4	1	0,1	2	0,2	3	0,3
Total	1		3		3,3		2,5		3,5		4,2

Realizado por: López Alex, 2022

Se concluye de la tabla 1-3 que el mejor método es por evaporización superficial, teniendo un valor total de 4,2 lo que nos dice que es la tiene mayor aceptación por la empresa y cumple satisfactoriamente los parámetros establecidos por la misma.

2.4. Equipo deshidratador

Un equipo deshidratador son máquinas que utilizan una fuente de calor para incrementar la temperatura dentro de una área en la que se encuentra el producto a tratar, por lo general tienen forma de hornos, utilizan ventiladores, sensores de temperatura, debido a la circulación de aire caliente hace que el agua al interior del producto tratado se desprenda en forma de vapor, los alimentos están distribuidos en bandejas (Rodríguez, 2018).

2.4.1. Tipos de deshidratadores

Aunque el principio de deshidratado es el mismo, existen diferentes fuentes de calor, sentido del flujo de aire, etc. Esto se debe a que persiguen objetivos diferentes, que pueden ser reducir el tiempo o conservar mejor las propiedades del producto a ser tratado.

2.4.1.1. Deshidratador o secador de bandas de dos etapas

Este secador requiere de un alto consumo de calor para la evaporación del agua contenida en la torta alimentada al circuito de secado y reducir la humedad final hasta 8 a 10% en peso. Para este efecto se utiliza el secado en serie en dos etapas, con el fin de reciclar las proteínas solubles que se recuperan de la corriente líquida que se obtiene luego de las operaciones de prensado del pescado cocido y de recuperación de los sólidos insolubles finos por centrifugación (Zabalegui, 2014).

En la figura 1-2. Se representa gráficamente el recorrido del alimento a través de una banda transportadora, el cual es sometido a diferentes flujos de aire.

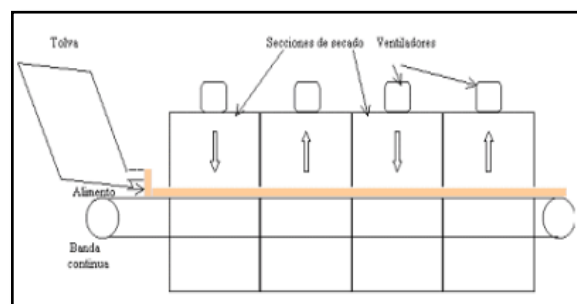


Figura 2-2: Deshidratador de bandas de dos etapas.

Fuente: (Zabalegui, 2014)

2.4.1.2. Deshidratador o secador por aspersion

En un secador por aspersion, un líquido o una suspensión se atomiza o se rueda en una corriente de gas caliente para obtener una lluvia de gotas finas. El agua se evapora de dichas gotas con

rapidez, y se obtienen partículas secas de sólido que se separan de la corriente de gas. El flujo de líquido de la cámara de aspersión puede ser a contracorriente, en paralelo, o una combinación de ambos. Las gotas finas se forman al introducir el líquido en toberas de atomización o discos giratorios de rociado de alta velocidad en el interior de una cámara cilíndrica como en la figura siguiente. Es necesario asegurarse de que las gotas o partículas húmedas del sólido no choquen ni se adhieran a las superficies solidas antes de que hayan secado. Por consiguiente, se emplean cámaras bastante grandes. Los sólidos secos salen por el fondo de la cámara a través de un transportador de tornillo. Los gases de escape fluyen hacia un separador de ciclón para filtrarlas partículas muy finas. Las partículas que se obtienen son muy ligeras y bastante porosas (Zabalegui, 2014).

En la figura 2.2. se visualiza los diferentes flujos de aire, alimentación del fluido y salidas del mismo,

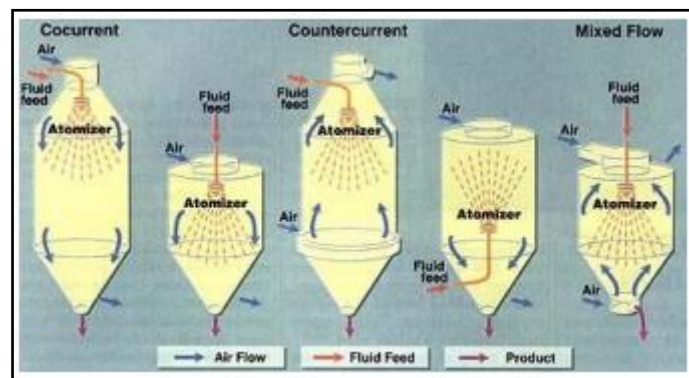


Figura 3-2: Deshidratador por aspersión

Fuente: (Zabalegui, 2014)

2.4.1.3. Deshidratador o secador de tambor

Un secador de tambor consta de un tambor de metal calentado, como se indica en la figura 3-2. en cuyo exterior se evapora una capa delgada de un líquido o una suspensión hasta que se seca. El sólido seco final se le raspa al tambor, que gira lentamente. Los secadores de tambor son adecuados para procesar suspensiones o pastas de sólidos finos, así como soluciones verdaderas. El tambor funciona en parte como evaporador y en parte como secador. Otras variaciones del secador de tambor son los tambores rotatorios dobles con alimentación por inmersión, o bien con alimentación superior en el espacio entre los dos tambores. El puré de papa se procesa en secadores de tambor para obtener el material en forma de escamas (Zabalegui, 2014).

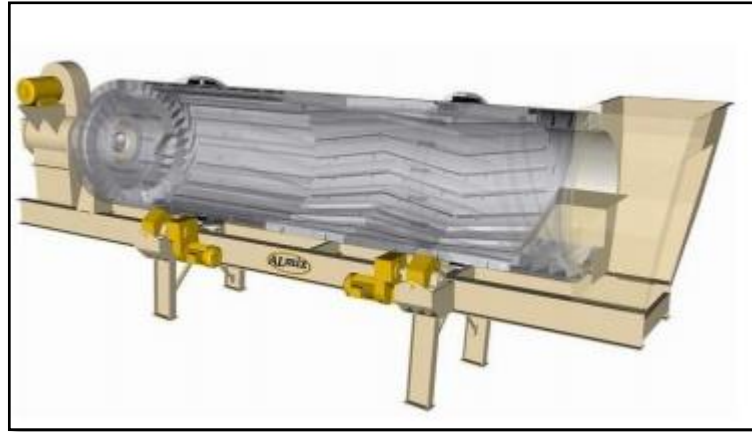


Figura 4-2: Deshidratador de tambor

Fuente: (Zabalegui, 2014)

2.4.1.4. Deshidratador o secador al vacío

El secador de bandejas al vacío es una máquina de secado empleado principalmente para el secado de materiales por compañías farmacéuticas, químicas, procesadoras de alimentos y electrónicos. Puede incluir un condensador para coleccionar el solvente evaporado de los materiales objeto de proceso. Sin embargo, en caso de usar la unidad de bombeo por vacío de agua JZJS-70, el secador no requiere condensador, permitiéndole a los usuarios generar ahorros en consumo de energía e inversión (Zabalegui, 2014).



Figura 5-2: Deshidratador al vacío.

Fuente: (Zabalegui, 2014)

2.4.1.5. Deshidratador de bandejas

Está formado por una cámara rectangular que contiene unos soportes, en los cuales se apoyan unos bastidores o porta bandejas, las corrientes de aire caliente son generadas por ventiladores acoplados a un motor, lo que permite la extracción de aire húmedo, el mismo que es extraído por un ducto de salida. Este proceso suele durar largos periodos de tiempo hasta que el producto este totalmente seco. Las bandejas tienen que ser perforadas lo que hace que el tiempo de deshidratado sea más eficiente (Maupoey et al., 2016, p. 22).

En la figura 5-2 se visualiza el recorrido del aire, es mismo que ingresa como aire caliente seco y sale como aire húmedo

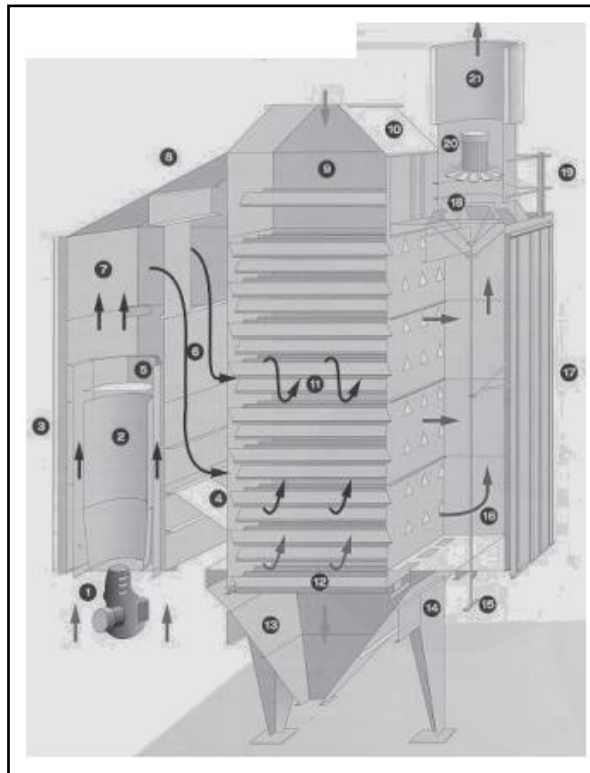


Figura 6-2: Deshidratador de bandejas.

Fuente: (Maupoey et al., 2016)

2.4.1.6. Deshidratador de túnel

Estos deshidratadores son semejantes al deshidratador de bandejas su diferencia principal es una secuencia de carretillas que siguen una trayectoria, cuando se introduce una nueva carretilla la primera es evacuada, ayuda al deshidratado de grandes, y su principal desventaja es la pérdida de calor en el intercambio de carretillas (Maupoey et al., 2016, p. 23).

A continuación, en la figura 6-2. se muestra las principales partes de un deshidratador de bandejas, que va desde la entrada de aire, salida del aire húmedo, ubicación de las carretillas y ductos de circulación.

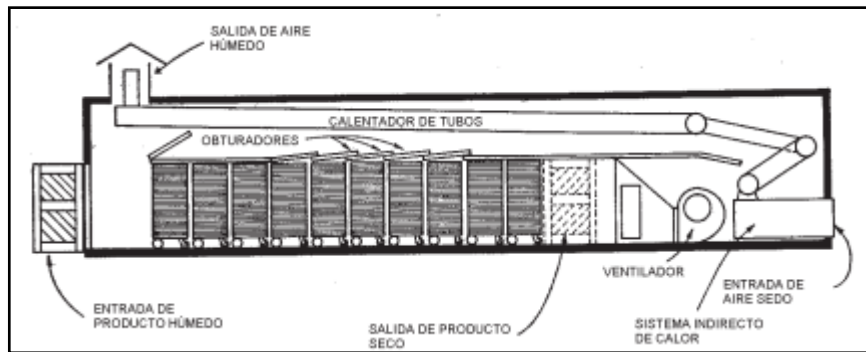


Figura 7-2: Deshidratador de bandejas.
Fuente: ((Maupoey et al., 2016)

2.5. Selección del equipo deshidratador

Para la selección del equipo deshidratador, establecemos los parámetros que se acoplen al método ya seleccionado:

- **Tamaño de la instalación:** El área de instalación en la empresa es limitada, por lo que el equipo tiene que ser lo más compacto posible.
- **Capacidad:** Tiene que ser capaz de satisfacer la demanda que la empresa requiera.
- **Fuente de calor:** Con esto se podrá elegir la fuente de calor que más se adapte a la empresa, cuyo consumo sea el adecuado.
- **Aplicación del método seleccionado:** Al ya estar elegido el proceso, el equipo tiene que ser capaz de adaptarse al método escogido.
- **Costo:** El funcionamiento del equipo seleccionado no puede elevar en demasía el precio de venta al público.

Para el desarrollo de la tabla 2-3 se designa un porcentaje de importancia, es importante que la suma de todos parámetros sea el 100%, después se asigna un valor de aceptabilidad del 1 al 5, donde 1 es poco aceptable y 5 es muy aceptable, por último, multiplicamos el porcentaje de importancia por el valor de aceptabilidad, cuyos resultados se suman para obtener un valor total, el valor más alto será el elegido.

Tabla 3-2: Selección del equipo deshidratador

Método	Porcentaje	bandas de dos etapas		por aspersion		de tambor		al vacío		de bandejas		de túnel	
Tamaño de instalación	0,2	3	0,6	3	0,6	4	0,8	3	0,6	4	0,8	3	0,6
Capacidad	0,2	4	0,8	3	0,6	4	0,8	3	0,6	4	0,8	4	0,8
Fuente de calor	0,3	3	0,9	2	0,6	3	0,9	2	0,6	4	1,2	4	1,2
Aplicación del método seleccionado	0,1	3	0,3	1	0,1	3	0,3	1	0,1	5	0,5	4	0,4
calidad del producto terminado	0,2	2	0,4	3	0,6	3	0,6	3	0,6	5	1	4	0,8
Total	1		3		2,5		3,4		2,5		4,3		3,8

Realizado por: López Alex, 2022

Se concluye de la tabla 2-3 que el deshidratador de bandejas es el que mayor puntuación con una aceptación de 4,3, cumpliendo de manera óptima los parámetros impuestos

Se concluye de la tabla 1-3 que el mejor método es por evaporización superficial, teniendo un valor total de 4,2 lo que nos dice que es la tiene mayor aceptación por la empresa y cumple satisfactoriamente los parámetros establecidos por la misma.

2.6. Fuente de calor

Para el equipo seleccionado, es necesario definir una fuente de calor, ya que este se adapta a diferentes fuentes de calor. Una fuente de calor es aquella que se pueda extraer energía en forma de calor, el calor puede provenir de un objeto o mecanismo, existen diferentes fuentes de calor en la naturaleza que se encuentran desde el sol hasta la quema de objetos fósiles, para este proyecto se estudia 3 principales fuentes que son:

- Calor por medio de energía solar
- Calor por la quema de gas GLP
- Calor por energía eléctrica

2.6.1. Selección de la fuente de calor del deshidratador

Para establecer la fuente de calor del deshidratador se debe tener en cuenta parámetros que tengan un positivo en la empresa y en la calidad del producto terminado, por lo que se establece que deba cumplir con los siguientes ítems en lo mayor posible:

- Ahorro en costo por mes(energía)
- Disponibilidad de la fuente de energía
- Mantenimiento
- Medio ambiente

Tabla 4-2: Selección de la fuente de calor

	Porcentaje	solar		GLP		eléctrica	
Ahorro costo por mes(energía)	0,3	5	1,5	4	1,2	2	0,6
Disponibilidad(energía)	0,3	1	0,3	4	1,2	4	1,2
Mantenimiento	0,2	3	0,6	4	0,8	4	0,8
Medio ambiente	0,2	5	1	2	0,4	4	0,8
	1		3,4		3,6		3,4

Realizado por: López Alex, 2022.

Mediante un análisis de selección se establece que, la mejor fuente de calor para la cantidad que se quiere procesar es por medio de la quema de gas GLP, aunque la diferencia es mínima, existen ventajas que son, una instalación de gas en el punto de ubicación del equipo y ventilación para la fácil extracción de gases.

2.7. Automatización de procesos

Un sistema automático es la combinación de dispositivos y subprocesos que cumplen determinadas funciones para la construcción de un producto, siendo controlado mediante un conjunto de dispositivos como tarjetas programables, sistemas eléctricos, neumáticos o hidráulicos (García Moreno, 2020).

En el contexto actual, la automática se define como la Ciencia y Técnica de la automatización, que agrupa el conjunto de las disciplinas teóricas y tecnológicas que intervienen en la concepción, la construcción y el empleo de los sistemas automáticos. La automática constituye el aspecto

teórico de la cibernética. Está estrechamente vinculada con las matemáticas, la estadística, la teoría de la información, la informática y técnicas de la ingeniería.

El funcionamiento de todo sistema automático se asienta en la confrontación de una información de mando, que describe el programa deseado, con una información de estado, confrontación de la que se derivan las órdenes de mando que han de darse a los accionadores que actúan sobre el sistema, modificando así su estado. Esta sucesión de operaciones sucede en una estructura de bucle cerrado, donde un centro de operaciones de mando y de control, asegura el buen comportamiento de la instalación (García Moreno, 2020, p. 7,8).

2.7.1. *Tablero de control eléctrico*

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados (Farina, 2019,p.64).

Un tablero constituye una parte fundamental de una máquina o proceso, ya que se puede llevar el monitoreo del proceso y controlar su correcto funcionamiento, también garantiza la seguridad del operario y la calidad del producto.

En la figura 7-2 se detalla las partes de un gabinete de control, el cableado queda oculto de tal manera que no estorba al manipular los componentes eléctricos.

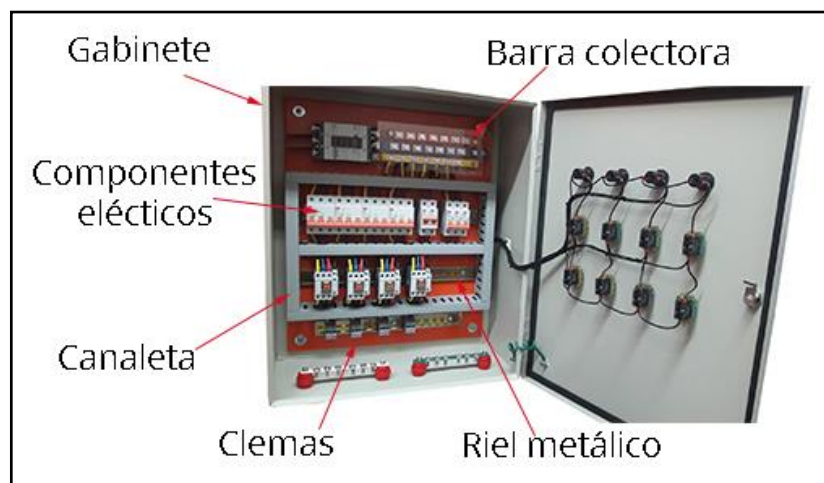


Figura 8-2: Partes del tablero de control.

Fuente: (Mecafenix, 2019)

A pesar de que los diferentes tamaños y formas pueden variar según la aplicación que se les designen, las partes esenciales que podemos encontrar en un tablero eléctricos son:

2.7.1.1. Gabinete

Es la parte externa que se encarga de proteger a los componentes de un circuito de control, principalmente los podemos encontrar de metal, aunque en algunas ocasiones y depende de su aplicación los encontramos de plástico, en figura 8-2. Se puede observar la estructura del gabinete.



Figura 9-2: Gabinete.

Fuente: (Mecafenix, 2019)

2.7.1.2. Rieles metálicos

Estos rieles sirven como base para poder montar todos los componentes que se van a utilizar para el control del sistema, en la figura 9-2 destaca perforaciones en el centro, ya que es ahí donde se asegura los rieles con el gabinete.



Figura 10-2: Riel metálico.

Fuente: (Mecafenix, 2019)

2.7.1.3. Canaletas

Son unos canales de plástico en donde se colocan los cables para llevarlos de un lugar del tablero hacia otro, ayudando a llevar en orden y brindan una mejor apariencia al gabinete, el tamaño varío de la cantidad y espesor de cables que se desea instalar.

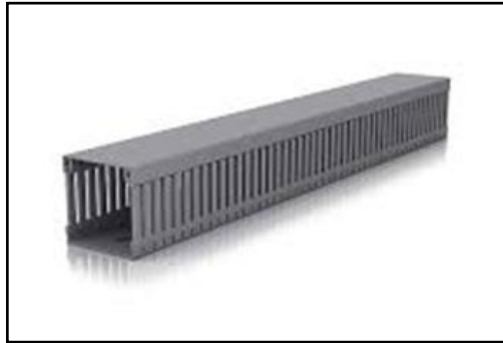


Figura 11-2: Canaleta.

Fuente: (Mecafenix, 2019)

2.7.1.4. Borneras de conexiones

También se les conocen como clemas y son prácticamente conectores eléctricos que aprisionan el cable a través de un tornillo, estas borneras se utilizan principalmente cuando los cables van a salir del tablero hacia un componente externo como puede ser un motor o cualquier actuador. En la figura 11-2. se ve como poseen una numeración, lo que ayuda a identificar las conexiones más rápido.



Figura 12-2: Borneras.

Fuente: (Mecafenix, 2019)

2.7.1.5. Prensa cables

También se les conoce como conectores de glándula y estos van empotrados en el gabinete eléctrico para poder transportar los cables de una manera segura desde el exterior al interior o viceversa, impide el paso de polvo y otros contaminantes al interior del gabinete, en la figura 12-2. Se observa el elemento.



Figura 13-2: Prensa cables.
Fuente: (Mecafenix, 2019)

2.7.1.6. Dispositivo de paro de emergencia

Son aquellos que ante una emergencia bloquea el flujo de energía mediante una acción mecánica, por ende, la parada de la máquina en funcionamiento, una vez activado queda enclavado hasta que las condiciones sean seguras.

El órgano de mando utilizado como parada de emergencia debe reunir las siguientes características: a) será visible y fácilmente accesible, por lo que se colocará en un lugar al que el operario pueda alcanzar rápidamente; b) será capaz de cortar la corriente máxima del motor de mayor potencia en condiciones de arranque; c) podrá accionarse manualmente y será enclavable en la posición de abierto, y d) puede presentar varias formas: maneta, pedal, cuerda, botón pulsador, etcétera (elegir la conveniente en cada aplicación), pero en todos los casos, el color será rojo (si el órgano de mando es un botón-pulsador, este debe ser del tipo “hongo”, de color rojo y llevará como fondo un círculo de color amarillo) (Granda, 2018).



Figura 14-2: Paro de emergencia.

Fuente: (Granda, 2018)

2.7.1.7. Temporizador

Es un periférico que cuenta determinados ciclos en un determinado tiempo, este elemento es principalmente usado en tareas de control de tiempo, usado en sistemas mecánicos y circuitos electrónicos, su funcionamiento consiste en que una vez transcurrido un tiempo configurado salta una función o alarma, con el fin de ejecutar alguna acción (Cueva, 2018, p. 27).

Relé temporizador con retardo a la conexión

Denominado también como retardo al trabajo, o en inglés como on delay, su característica es que sus contactos cambian de posición después de un tiempo de energizarse la bobina.

Relé temporizador con retardo a la desconexión

Denominado también como retardo al reposo, o en inglés como off delay, su función es que sus contactos cambian de posición al instante que se energiza la bobina, cuando desactivamos la bobina, sus contactos cambian de posición después de un tiempo determinado.

En la figura 14-2 se representa el elemento junto a su símbolo usado en la elaboración de diagramas eléctricos.

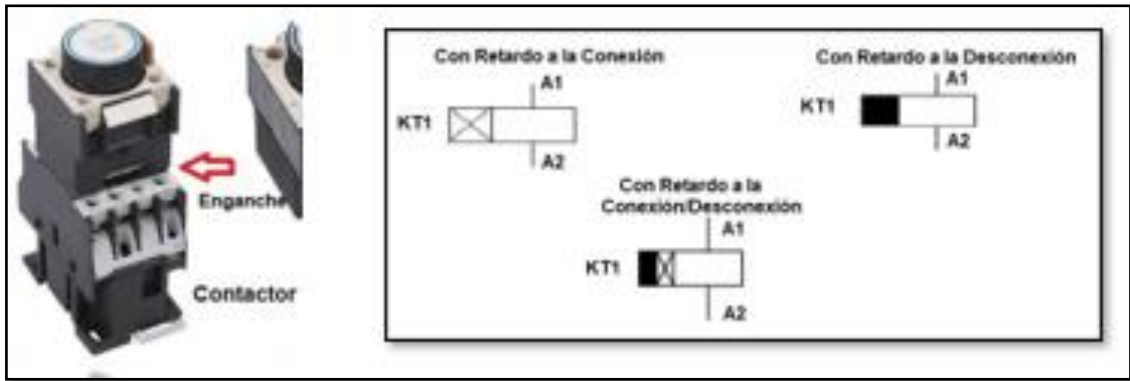


Figura 15-2: Temporizador.
Fuente: (Cueva Mamani, 2018)

2.7.1.8. Contactores

Es un mecanismo cuya función es unir 2 contactos, permitiendo el flujo el corte de corriente a través de ellos. Esto sucede cuando la bobina que se encuentra en el interior del dispositivo del contactor recibe una señal eléctrica, lo que causa un efecto de electroimán lo que permite la unión o separación dichos contactos (Vilches, 2020).

En la imagen 15-2. se presentan los contactos principales 1-2, 3-4, 5-6. Estos tienen la función de abrir o cerrar el circuito de potencia. Los contactos auxiliares 13-14 se usan en el circuito de mando, por lo general soportan una intensidad menor. La bobina viene señalada como A1-A2.

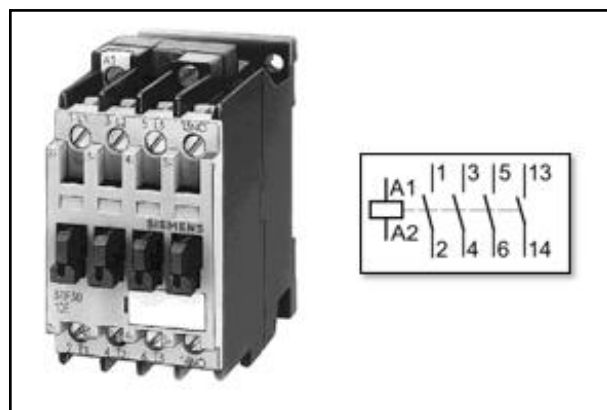


Figura 16-2: Contactor.
Fuente:(Vilches, 2020)

2.7.1.9. Breaker

También conocido como interruptor de circuito, cuya función principal es la de proteger la instalación, quitando la energía en casos como cortocircuitos o en casos que la intensidad consumida sea mayor a la calibrada en el dispositivo (Vilches, 2020).

Al momento de elegir uno de estos elementos es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones que son: la tensión de trabajo, la cantidad de líneas a proteger, la intensidad nominal.

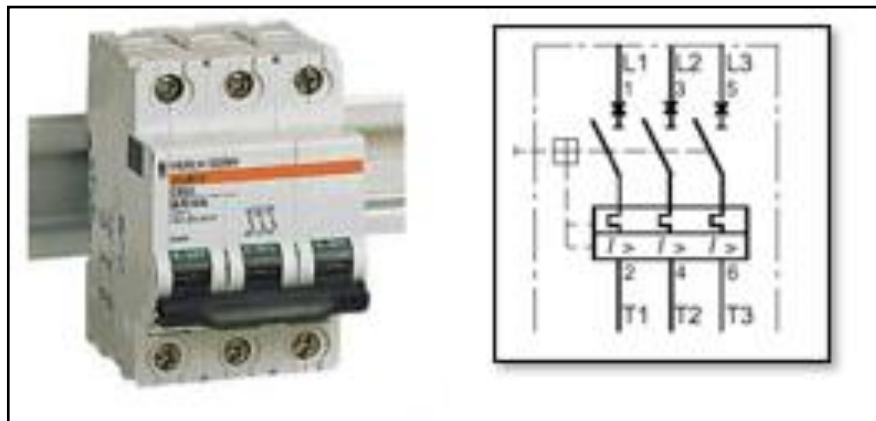


Figura 17-2: Interruptor de circuito.

Fuente: (Vilches, 2020)

2.7.2. Termostato

Controlan la temperatura y por su forma de actuar pueden ser de contacto o de ambiente y por su constitución interna de bimetálico o de tubo capilar, acabado o no, en bulbo. Cuando la temperatura en el lugar dónde está colocado en bulbo del termostato aumenta o disminuye, por encima o por debajo del valor de ajuste set – point) los contactos del termostato cambian de posición. (Cueli Llera & Gareaga Herrera, 2006, p.43)



Figura 18-2: Termostato con su bulbo y esquema eléctrico de los contactos

Fuente: (Cueli Llera & Gareaga Herrera, 2006,p.43)

2.7.3. Actuadores de control de flujo de gas

Un actuador es un mecanismo electromecánico cuya función es proporcionar un movimiento o actuar sobre otro elemento mecánico. El movimiento o la fuerza generada por el actuador puede ser: Presión neumática, presión hidráulica y fuerza eléctrica motriz. Dependiendo de su fuente se puede denominar de esta misma forma: neumático, hidráulico o eléctrico (García, 2016).

2.7.3.1. Válvula reguladora

Generalmente ubicada al inicio de la instalación, permite un flujo moderado del paso del gas GLP en este caso, esta se puede cerrar en su totalidad, en la figura 18-2 se muestra las partes de esta válvula. La cual está integrada una válvula de alivio aprueba de alteración que ayuda a la válvula de la segunda etapa, también posee de una malla protectora y un respiradero evitando la formación de hielo, esta válvula tiene que ir ubicada por encima del depósito de gas GLP.

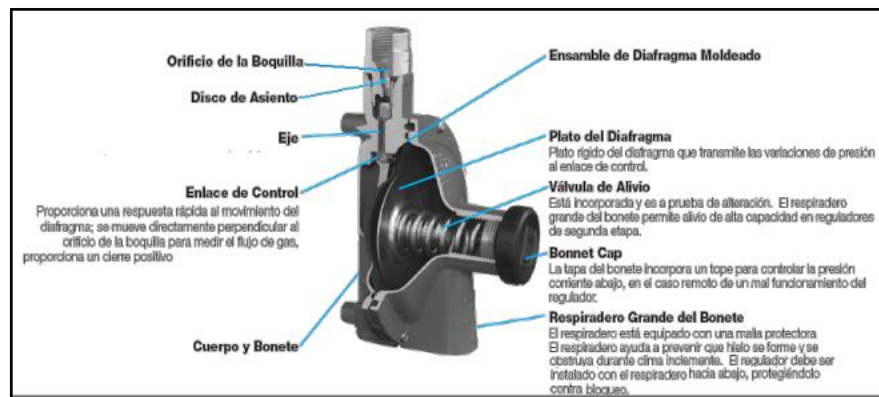


Figura 19-2: Termostato con su bulbo y esquema eléctrico de los contactos
Fuente: (Ordaya P., 2011)

2.7.3.2. Electroválvula

La electroválvula es la combinación de dos unidades funcionales:

El paquete electromagnético, compuesto por un solenoide y su correspondiente tragante o núcleo móvil, y un cuerpo de válvula conteniendo los orificios de entradas y salidas. su área de aplicación son un gran número de sistemas y permiten controlar fluidos como agua, aire, vapor, aceites livianos, gases neutros, etc.(Jefferson Sudamericana S.A., s. f.).



Figura 20-2: Electroválvula.
Fuente: (Zabalegui, 2014)

2.7.4. Diseño eléctrico

El diseñador de un sistema eléctrico de potencia para instalaciones industriales, debe determinar el requerimiento de carga, incluyendo los tamaños y tipo de los mismos, así como cualquier requerimiento de tipo especial. Se debe también disponer del valor del cortocircuito en el punto de conexión y la red de suministro eléctrico o de entrega de esta instalación, y conocer las características de los dispositivos de protección de la compañía suministradora; entonces, el diseño debe comenzar con un cálculo preliminar del sistema que cubra los fundamentos del circuito, de manera que permita el diseño preliminar y la selección correcta de los dispositivos de protección (Harper, 2005).

2.8. Termodinámica

La termodinámica es una parte de la física que estudia las transformaciones de la materia asociada con sus variaciones de temperatura, así como la energía intercambiada en esas transformaciones. Su objeto de estudio es el sistema termodinámico, esto es cualquier región del espacio que contiene en su interior un gran número de átomos, moléculas, fotones, iones, etc. (José María Sala Lizarraga & Luis María López González, 2011).

2.8.1. Equilibrio térmico

También conocido como la ley cero de la termodinámica Consideremos dos sistemas completamente aislados, como se muestra en la Figura 21-6, que están en equilibrio por separado. Llamemos E_1 , V_1 , N_1 y E_2 , V_2 , N_2 , a las energías, volúmenes y número de partículas de los dos sistemas respectivamente. Los sistemas se ponen en contacto térmico, es decir, por medio de una pared diatérmica; las demás paredes se mantienen aislantes, rígidas, e impermeables. Es claro que ante esta situación los sistemas pueden intercambiar energía y, por lo tanto, se inicia un

proceso de transferencia de energía entre los sistemas en forma de calor. El sistema combinado se deja sin perturbar un tiempo suficientemente largo tal que la transferencia de energía entre los dos cuerpos se balancea. Es decir, hasta que el flujo neto de energía entre los dos sistemas sea cero (Romero, 2014, p. 20).

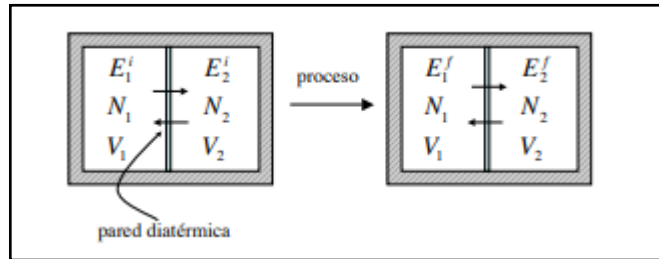


Figura 21-2: Transferencia de calor a través de una pared diatérmica.
Fuente: (Romero, 2014)

2.8.2. Calor específico

Se designa con el nombre de calor (Q) a la energía en tránsito que fluye desde una parte de un sistema a otra o de un sistema a otro, en virtud únicamente de una diferencia de temperatura. Por convención se considera que Q es positivo cuando es absorbido por el sistema y negativo en caso contrario. El calor Q no es función de las variables termodinámicas, sino que depende de la trayectoria. Es decir que el calor intercambiado en un proceso infinitesimal es un diferencial inexacto. Cuando un sistema absorbe (o cede) una determinada cantidad de calor puede ocurrir que: a) experimente un cambio en su temperatura b) experimente un cambio de fase a temperatura constante, se expresa mediante la fórmula: (Fourty A., Bertinetti M., & Foussats A., 2003)

$$Q_{abs} = m * C_e * \Delta T$$

2.8.3. Intercambiadores de calor.

Un intercambiador de calor es un componente que permite la transferencia de calor de un fluido (líquido o gas) a otro fluido. Entre las principales razones por las que se utilizan los intercambiadores de calor se encuentran las siguientes:

- Calentar un fluido frío mediante un fluido con mayor temperatura.
- Reducir la temperatura de un fluido mediante un fluido con menor temperatura.
- Llevar al punto de ebullición a un fluido mediante un fluido con mayor temperatura.
- Condensar un fluido en estado gaseoso por medio de un fluido frío.

- Llevar al punto de ebullición a un fluido mientras se condensa un fluido gaseoso con mayor temperatura.(Jaramillo, 2002)

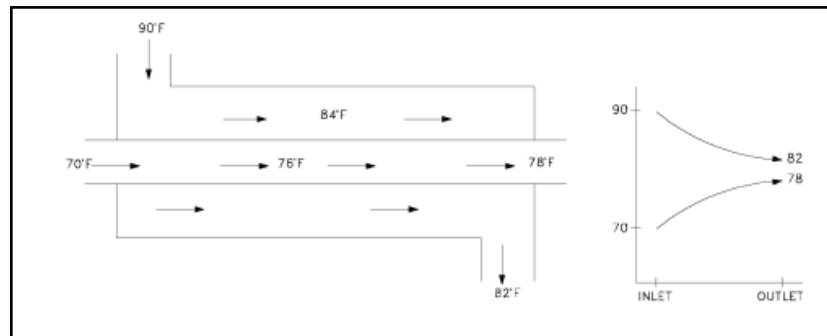


Figura 22-2: Intercambiador de calor de flujo paralelo.

Fuente: (Jaramillo, 2002)

2.9. Diseño mecánico

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema particular. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones, que en ocasiones deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones son provisionales, por lo que es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtenga más información. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas (Richard G et al., 2012).

2.9.1. *Reglamento 21935/2004/CE.*

la Unión Europea quien define los requisitos básicos para materiales y objetos que entren en contacto con alimentos mediante el Reglamento 21935/2004/CE.

Según CSA-Seguridad alimentaria, (2020) nos dice que “la elección del acero inoxidable adecuado para estar en contacto con los alimentos basado en el Reglamento de la Unión Europea, depende en mayor grado de las condiciones ambientales de la industria en cuestión. Pero en general, los más indicados son los aceros inoxidables austeníticos (1.4301, 1.4404). En el caso de una mayor exposición a la corrosión, es necesario recurrir a aceros dúplex”

2.9.2. Aceros inoxidables

La empresa Dipac, (s. f.) proveedora de acero inoxidable nos indica 3 razones por la cual se puede usar estos aceros en la industria alimenticia:

- Los aceros inoxidables son resistentes a la corrosión en muchos medios y de ese modo pueden estar con los alimentos sin sufrir degradación en su composición química. Por eso no contaminan los alimentos, que conservan así sus propiedades organolépticas (sabor, olor, color), cuando están en contacto con aceros inoxidables.
- Los aceros inoxidables son puede ser fabricados y acabados con una superficie muy fina, tan fina como se quiera. Es normal usar en la industria de alimentos aceros inoxidable es con rugosidad media no superior a 0,40 micrómetros, pero se pueden conseguir acabados más finos, sin grandes dificultades, con menos de 0,05 micrómetros.
- La superficie de los aceros inoxidable es muy lisa, la limpieza en la industria y en el hogar, es más fácil y más eficiente.

2.9.3. Acero AISI 304

La plancha de acero inoxidable aleada al cromo y níquel, cuya fabricación está basada en la norma AISI 304, es muy resistente a la corrosión intergranular, ataques químicos del medio ambiente, corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas, se puede encontrar en las dimensiones estándar de 1220 * 2440mm, posee un acabado ASTM 2B Y 1. Por sus características es ideal para la fabricación de hornos y máquinas térmicas.

2.9.4. Acero AISI 201

Esta plancha aleada al cromo, manganeso y níquel, le ofrece propiedades de tensión, resistencia a la corrosión y a muchos agentes corrosivos moderados, es usado en cocinas y algunos equipos de cocina.

2.9.5. SolidWorks

SOLIDWORKS es un software de diseño asistido por computadora el cual se modelar en 2D y 3D, el cual proporciona una amplia cantidad de herramientas las cuales ayudan a la elaboración, mediante la simulación, visualización y cálculos al modelo elaborado. En ingeniería mecánica,

las herramientas de SolidWorks se usan ampliamente para resolver problemas estructurales, de vibración y térmicos. (Kurowski, 2013, p. 5)

Esto permite la creación de planos, comprobación de criterios y postulados, simulación de partes móviles, análisis estáticos importantes para validar la fabricación de una maquina o elemento.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Estudio.

El presente proyecto de tipo técnico realizado en la empresa PROAGRIP, consiste en la elaboración de un equipo deshidratador para la producción de harina de brócoli, tomando como base proyectos ya realizados y requisitos solicitados por la empresa con los cuales se desea construir un equipo eficiente de gran capacidad y de fácil manejo para el operador.

3.2. Tipo de Investigación

En base a la necesidad de la fabricación de harina de brócoli en la empresa PROAGRIP, se ha procedido a la descripción de procesos de la fabricación de harina y de la construcción e instalación de un deshidratador, siendo la investigación descriptiva la ideal para poder analizar y evaluar el funcionamiento del equipo.

3.3. Método

3.3.1. *Método Inductivo*

Se aplicó este método ya que para llegar al mejor diseño del equipo se procedió a la observación de diferentes métodos de deshidratado y la variedad de equipos que se usa, los cuales mediante un análisis se estableció el mejor método y elementos a usar, una vez determinado las principales variables a controlar que son temperatura y tiempo de deshidratado, una vez implementado el equipo se evaluará la mejor combinación de estas 2 variables con la finalidad de conservar la mayor cantidad de nutrientes obteniendo una harina de calidad.

3.3.2. *Método analítico*

Observando el principio del fenómeno de deshidratado, se planifica mediante una descripción detallada en una de procesos y la elaboración de los planos del equipo, permitirá que la construcción del mismo o tenga mayor inconvenientes al poder tener con anterioridad los materiales e instrumentos que se van a usar, para dar un seguimiento se ha dividido en 2 partes que son el intercambiador de calor y la cámara de deshidratado para ser ensamblados posteriormente, una vez puesto en marcha se evaluará los resultados del producto final con un método de diseño experimental.

3.4. Etapas para la selección y construcción del equipo

A continuación, se presentan las etapas para el diseño y fabricación del equipo:

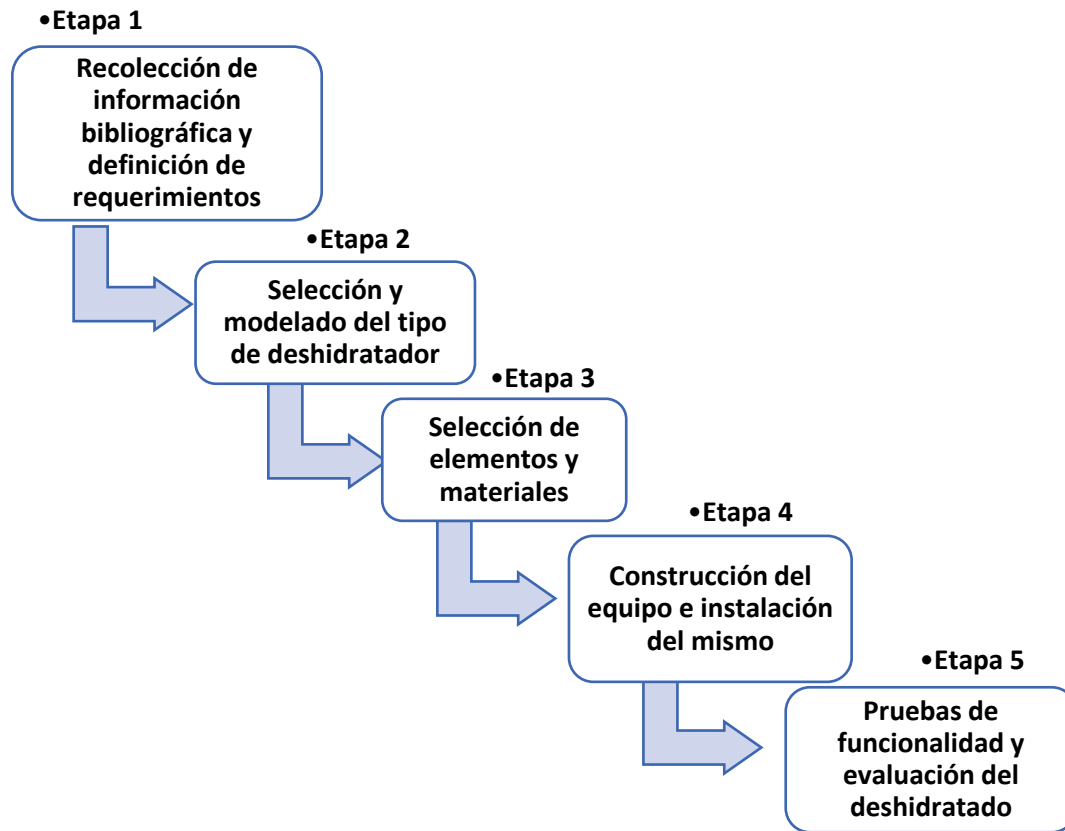


Figura 23-3: Etapas para la construcción.

Fuente: (López Alex, 2021)

3.5. Recolección de información bibliográfica y definición de requerimientos

En esta etapa, mediante una investigación en fuentes confiables tal como se muestra en el capítulo II, se reúne la información necesaria acerca del funcionamiento y tipos de deshidratadores que se pueden aplicar para el presente proyecto. Tomando como base esta información para formar los criterios con los que se va a construir el equipo.

3.6. Selección y modelado del tipo de deshidratador

En este apartado se selecciona y diseña la forma de los componentes principales para que el proceso de deshidratado sea el más óptimo. Previo al diseño y a la elaboración de planos y diagramas, se requiere establecer las condiciones en las cuales el equipo debe operar, que son:

- a) Capacidad de la cámara

- b) Aire caliente limpio
- c) Temperatura constante en la cámara
- d) Control automático

3.6.1. Capacidad de la cámara

Para el volumen interno de la cámara de deshidratado se tomará en cuenta la capacidad de las bandejas, las mismas que fueron diseñadas para el máximo aprovechamiento de la plancha cuyas dimensiones son de (100*65) cm y una altura de bandeja de 2 cm, cada bandeja puede llevar 3,58 kg aprox. de brócoli en fresco, cuyo requerimiento en la empresa es procesar 120 kg por día.

Número de bandejas:

$$N_{bandejas} = \frac{\text{Producción diaria requerida}}{\text{Capacidad de cada bandeja} * \text{Número de paradas diarias}}$$

$$N_{bandejas} = \frac{120 \text{ Kg}}{3,58 \text{ Kg} * 2}$$

$$N_{bandejas} = 16,75$$

$$N_{bandejas} = 17 \text{ bandejas}$$

3.6.1.1. Dimensiones de la cámara de deshidratado

La distancia entre bandejas será de 10 cm, lo cual no excede los 60 mm recomendados y facilitará la ubicación de las pellas que es el producto a tratar, lo cual nos da la altura de la cámara de deshidratado.

Altura:

$$h_{cámara} = (N_{bandejas} * h_{bandeja}) + (\text{distancia entre bandejas} * (N_{bandeja} + 2))$$

$$h_{cámara} = (17 * 20 \text{ mm}) + (80 \text{ mm} * (17 + 2))$$

$$h_{cámara} = 1860 \text{ mm} = 1,9 \text{ m}$$

Ancho:

$$\text{Ancho}_{cámara} = (\text{ancho bandeja} + \text{grosor del ventilador} + 2 \text{ distancia entre bandeja y la pared})$$

$$\text{Ancho}_{cámara} = (590 \text{ mm} + 240 \text{ mm} + (2 * 10 \text{ mm}))$$

$$\text{Ancho}_{\text{cámara}} = (850 \text{ mm}) = 0,85 \text{ m}$$

Largo:

Para el largo de la cámara de deshidratado se toma en cuenta las dimensiones de las bandejas, el dimensionamiento del ventilador y espacio que ayude a la circulación de aire.

$$\text{Largo}_{\text{cámara}} = (2 \text{ largo bandeja} + \text{grosor del ventilador de recirculación} + \text{distancia entre bandeja y la pared})$$

$$\text{Largo}_{\text{cámara}} = (900\text{mm} + 100\text{mm} + (100\text{mm}))$$

$$\text{Largo}_{\text{cámara}} = (1,10 \text{ m})$$

Volumen interno de la cámara:

$$\text{Volumen}_{\text{cámara}} = h_{\text{cámara}} + \text{Ancho}_{\text{cámara}} + \text{Largo}_{\text{cámara}}$$

$$\text{Volumen}_{\text{cámara}} = 1,9 \text{ m} * 0,85 \text{ m} * 1,28 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_{\text{cámara}} = 2,0672 \text{ m}^3$$

3.6.1.2. Modelado del tipo de deshidratador

Mediante el uso de la herramienta de Solid Works se hará un modelado y extracción de las dimensiones, los cuales nos facilitaran la cantidad de material a usar y los elementos que se requieren para la construcción del mismo.

En la figura 2-3. se muestra las dimensiones de la parte frontal y lateral, podemos tener una idea clara del equipo ya construido, previo a la construcción se requiere realizar un análisis estático.

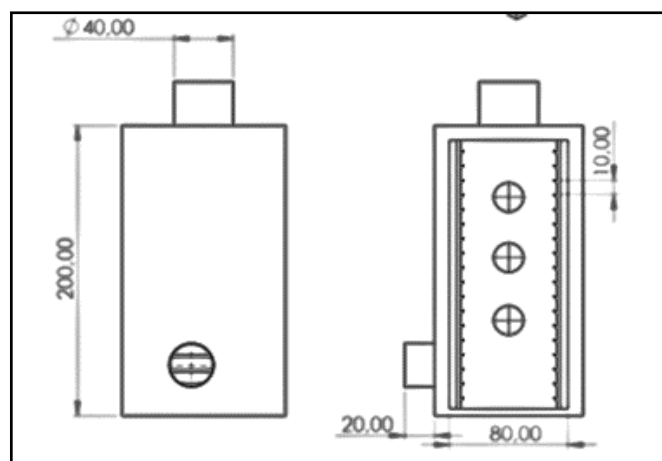


Figura 24-3: Dimensiones de cámara de deshidratado.
Fuente: (López Alex, 2021)

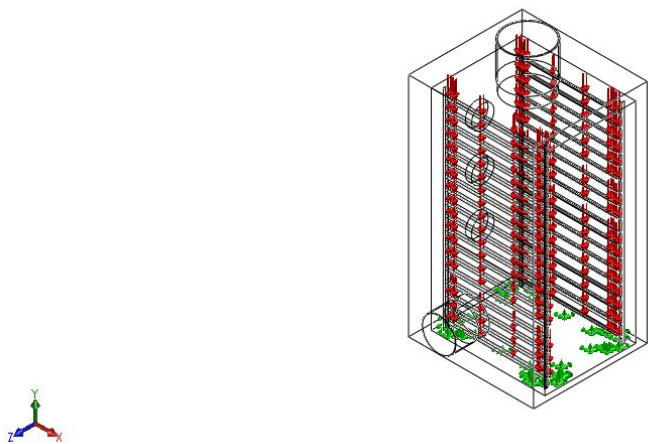
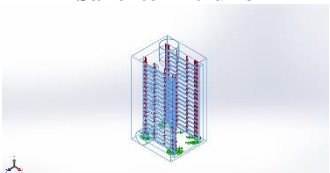
3.6.1.3. Análisis estructural

Este estudio se realiza en la cámara de deshidratado, ya que, la acumulación de peso podría fatigar en la parte inferior del mismo, causando un fleje y dañando la parte interna de la cámara, con la ayuda del software Solid Works se realizó una simulación usando la forma, tipo de acero, espesor, peso distribuido y cantidades reales a soportar, se valida la construcción del mismo.

Para la simulación se consideró una fuerza distribuida de $0,14 \text{ kgf/cm}^2$, que sería la presión máxima ejercida por el peso en el área de soporte, la estructura del porta bandejas está formada por ángulo de acero inoxidable 304 de $2,5 \text{ cm} * 0,5 \text{ mm}$.

3.6.1.4. Análisis estático con carga distribuida vertical.

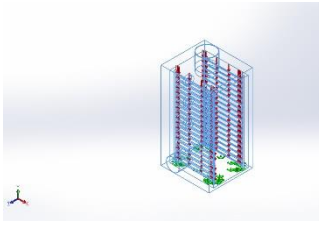
Tabla 5-3: Propiedades volumétricas – apoyo vertical

 <p style="text-align: center;">Nombre del modelo: Camara de deshidratado</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Saliente-Extruir8</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa: 764,92 kg Volumen: $0,720615 \text{ m}^3$ Densidad: 8.000 kg/m^3 Peso: 56.496,2 N</p>

Fuente: Autor.

Realizador por: López Alex, 2022.

Tabla 6-3: Propiedades mecánicas – apoyo vertical

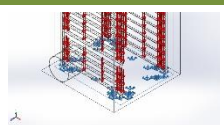
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cámara deshidratada)</p>
<p>Datos de curva: N/A</p>		

Fuente: Autor.

Realizador por: López Alex, 2022.

Antes de realizar el análisis estructural del Apoyo Vertical es necesario definir qué tipo de sujeción que va a soportar al elemento como se aprecia en la Tabla 3 – 3 y el área de carga distribuida tal como se detalla en la Tabla 4 – 3.


Tabla 7-3: Punto de sujeción – apoyo vertical

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-0,0213699	1.019,38	-0,0101466	1.019,38	
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0	

Fuente: Autor.

Realizador por: López Alex, 2022.

Tabla 8-3: Cargas – apoyo vertical

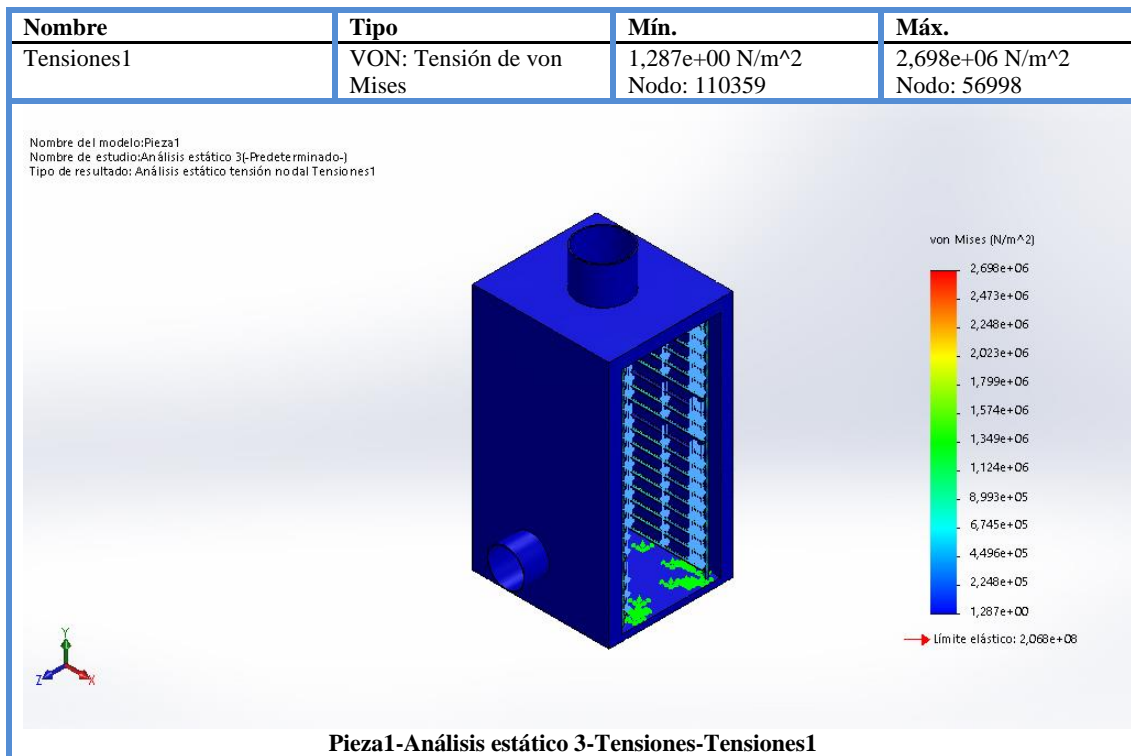
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Presión-1		Entidades: 33 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 0,014 Unidades: kgf/cm ² Ángulo de fase: 0 Unidades: deg

Fuente: Autor.

Realizador por: López Alex

Una vez determinado los puntos de apoyo y las cargas pertinentes para realizar el análisis estático del apoyo vertical, y aplicando una carga distribuida de 0,014 kgf/cm², se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 9-3: Análisis de tensiones – apoyo vertical

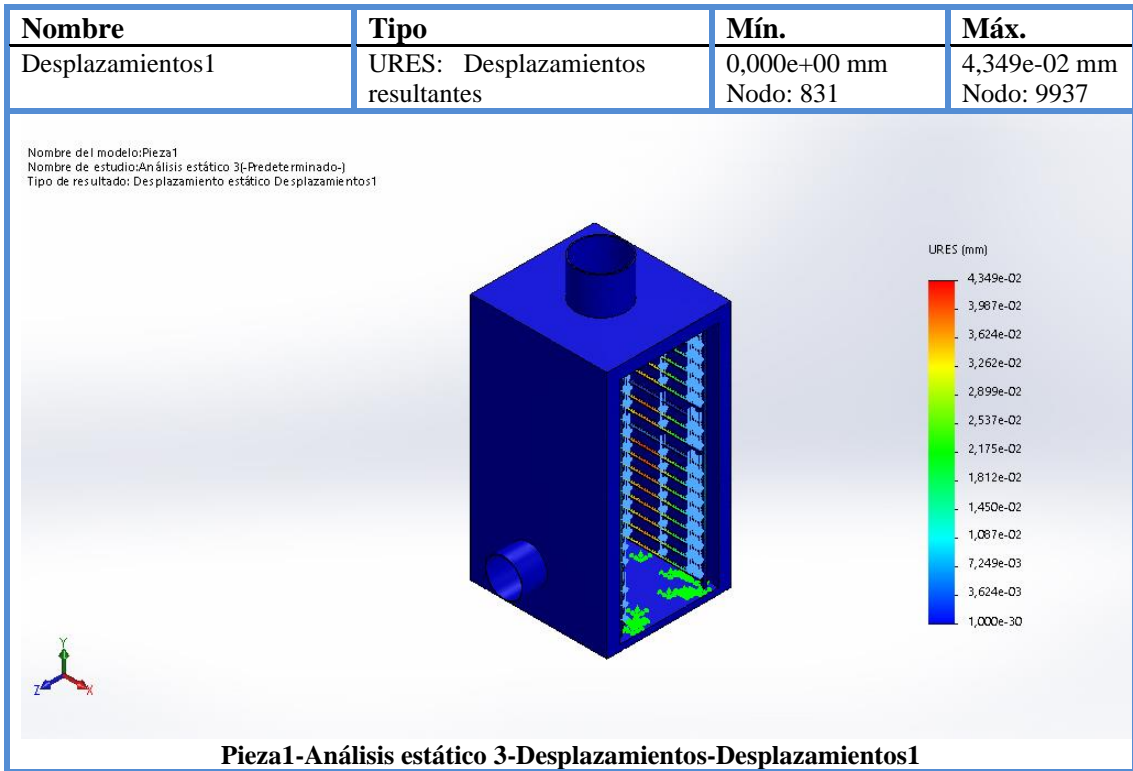


Fuente: Autor.

Realizador por: López Alex, 2022.

De acuerdo con el análisis de tensión de la Tabla 5 – 3 se tiene que el apoyo vertical está sometido a una presión mínima de 1,287 N/m² y una presión máxima de 2,698e+06 N/m², teniendo como resistencia un límite elástico de 2,068e+08 N/m². Esto se traduce a una selección ideal del material y dimensiones adecuadas del elemento, debido a que la presión máxima a la que va a estar sometida es menor a la que podría soportar antes de alterar las características de los materiales.

Tabla 10-3: Análisis de desplazamiento – apoyo vertical



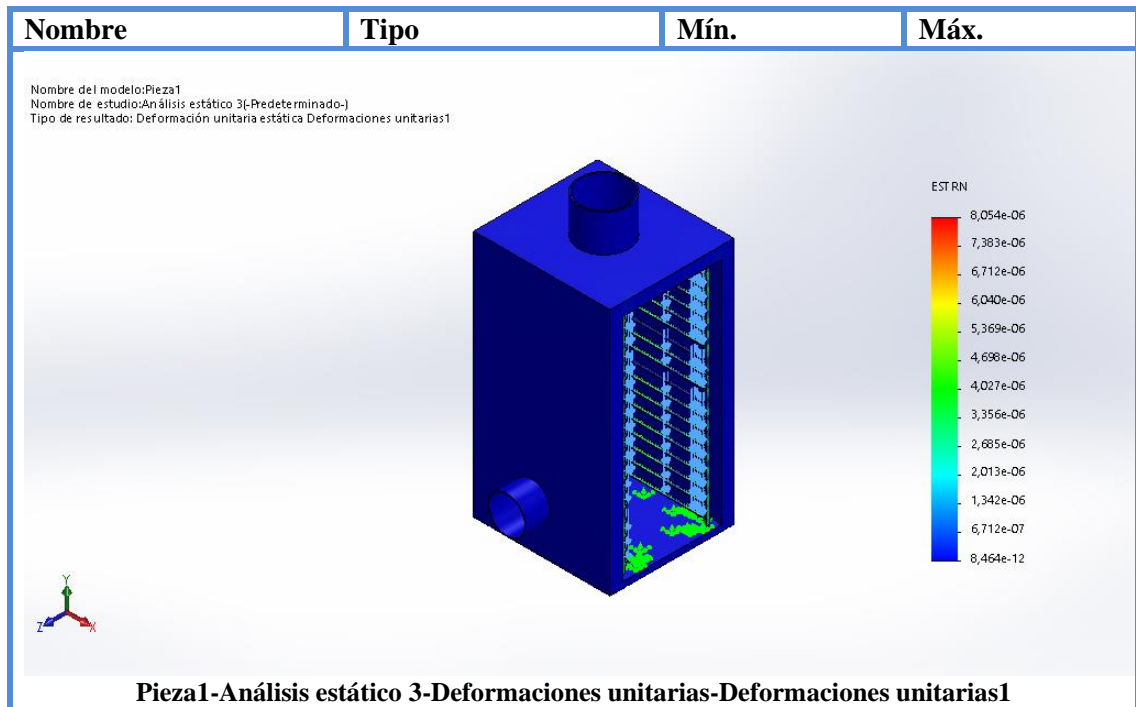
Fuente: Autor.

Realizador por: López Alex, 2022.

Según el análisis de desplazamientos de la Tabla 2-3 el elemento va a sufrir su mayor deformación en el contorno que soporta la fuerza, sin embargo, el desplazamiento máximo que podría sufrir es de 0,00434 mm, considerándose como un valor que no representa problema al momento de seleccionar el material.

Tabla 11-3: Análisis de deformaciones unitarias– apoyo vertical

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	8,464e-12 Elemento: 66331	8,054e-06 Elemento: 43396



Fuente: Autor.

Realizador por: López Alex, 2022.

El análisis de deformaciones unitarias de la Tabla 2-3 muestra una coloración en su mayoría azul, dando a conocer que el elemento no se encuentra en un peligro de deformación constante, esto se corrobora con los valores mínimos y máximos de $3,853e-11$ y $1,004e-06$, respectivamente, que a su vez representan la relación entre la deformación total y la longitud inicial de la pieza.

3.6.2. Aire caliente limpio

La quema de gas GLP directamente en la cámara contaminaría el producto a ser tratado, por lo que se usa un intercambiador de calor, el mismo que genera el aire caliente limpio por medio de transmisión de calor por convección, para ello se usa una cámara en forma cilíndrica, cuyo radio es de 0,30 m y el largo de 1,22 m, en el exterior del cilindro se colocarán aspas de 5 cm de tal forma que ayuden a la circulación del aire caliente tal como se muestra en la imagen.

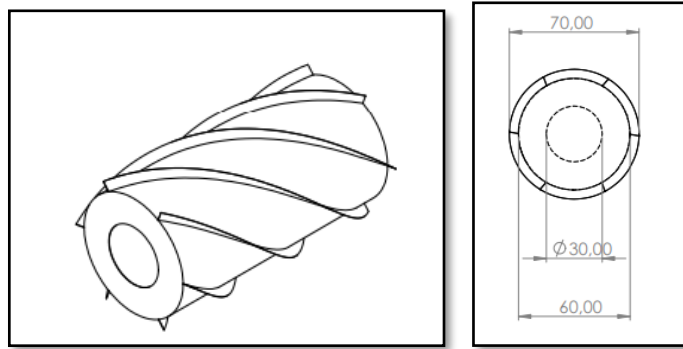


Figura 25-3: Dimensiones del cilindro interno del intercambiador de calor
Fuente: (López Alex, 2022)

Se cubrirá con otro cilindro y un extractor al final para transportar el aire caliente limpio hacia la cámara de deshidratado, lo cual se representa en la siguiente imagen.

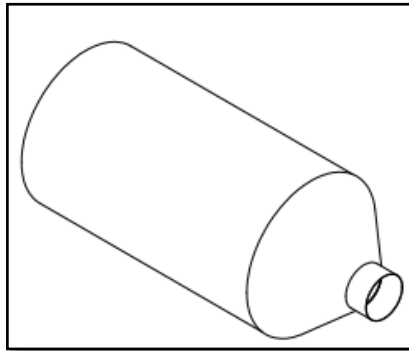


Figura 26-3: Parte exterior del intercambiador de calor.
Fuente: (López Alex, 2021)

Todo el material será construido en acero de grado alimenticio y será soldado con smaw con electrodo 308 L, ya que este tipo de acero tiene una gran conductividad térmica, también nos ayuda para no contaminar el aire y dar un mayor tiempo de vida útil al equipo.

3.6.3. *Temperatura constante en la cámara*

Una temperatura constante en la cámara hace que el proceso sea uniforme y permita evaluar el comportamiento del brócoli al ser deshidratado, con la ayuda de un termostato que controla una electroválvula se logra mantener la temperatura deseada, al estar soltando calor en forma de vapor, la cámara baja la temperatura, cuando este pierda 2 °C, la inyección de calor se vuelve a producir hasta la temperatura seleccionada.

3.6.4. Control automático

Parámetros de funcionamiento.

1. Activación mediante un selector on – off , en la posición on inicia la generación de calor.
2. Apagado automático al cumplir la hora programada.
3. Encendido automático del extractor de humedad en las 3 últimas horas del funcionamiento
4. Control de temperatura mediante un termostato

Para un fácil manejo del equipo se ha diseñado el siguiente diagrama eléctrico cuyo funcionamiento es el siguiente: con un selector de 2 posiciones On y Off inicia el proceso de deshidratado, al colocar en la posición On se activarán los 3 temporizadores T1 – T2 – T3 y los ventiladores internos para la circulación de aire interna, T1 activará el chispero por 5 segundos, suficientes para iniciar la combustión en el cilindro interno del intercambiador, T2 apaga el intercambiador de calor y los ventiladores después del tiempo programado y enciende un foco que indicará el fin del proceso, el temporizador 2 activa según el tiempo programado la extracción de la humedad, para terminar el proceso el selector debe regresar a la posición Off que desconectará todo el sistema.

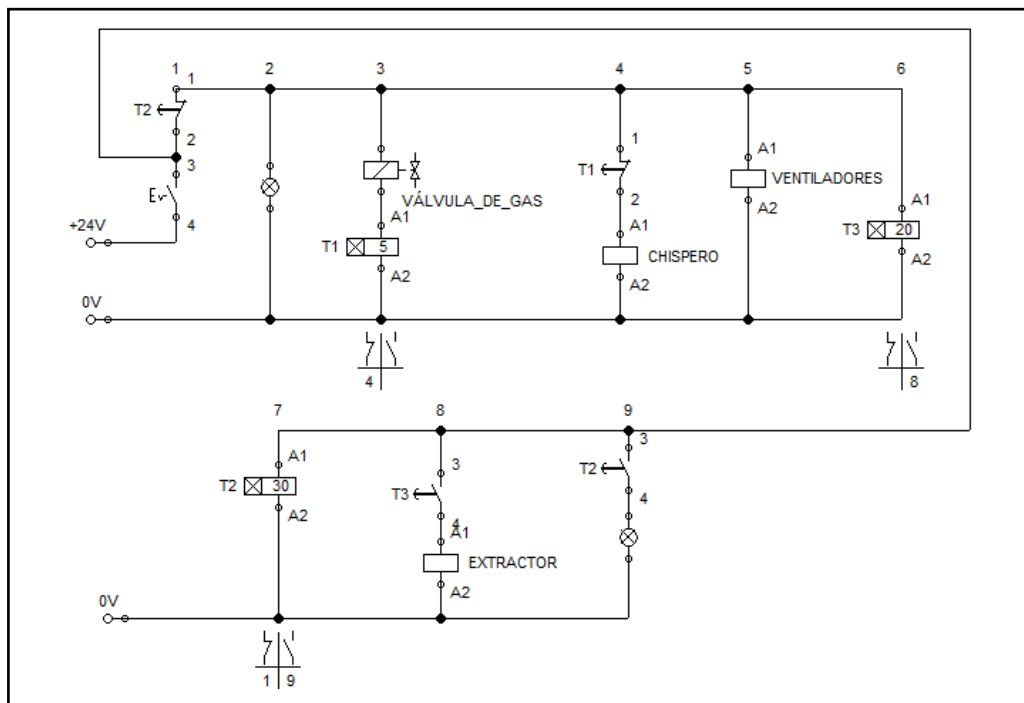


Figura 27-3: Diagrama de control

Fuente: (López Alex, 2021)

3.6.5. Selección de elementos y materiales

Se elije los elementos que controlarán el proceso de deshidratado, este proceso será automático y se tendrá en cuenta elementos de seguridad como botón de emergencia y controladores de temperatura.

3.6.5.1. Termostato

Para el termostato, se ha tomado en cuenta los siguientes criterios, que son importantes para el proceso:

- Alimentación de entrada
- Rango de temperatura
- Digital
- Salida del relé de control

Con estos criterios se escoge un temporizador THOLZ cuyas características son las siguientes:

Tabla 12-3: Características del termostato

Entrada del sensor de temperatura PT-100	Entre 0 – 99.9 ° C
Alimentación de entrada	110 Vca – 220 Vca
S1- salida de control	Carga máxima 3A / 250 Vca
S2-salida de control	12 Vcc – 10 mA

Realizado por: López Alex, 2022



Figura 28-3: Termostato.

Fuente: (Manual de instalación)

Diagrama de cableado

En las borneras 1 y 2 se conecta el sensor de temperatura PT-100, en las borneras 3 y 4 tenemos una salida de 12 voltios de corriente continua, por lo que podemos conectar un foco indicador, en las borneras 5 y 6 tenemos la alimentación que en este caso es de 110 voltios de corriente alterna, por último, en las borneras 7 y 8 se tiene un relé que ayuda al control del solenoide de la electroválvula.

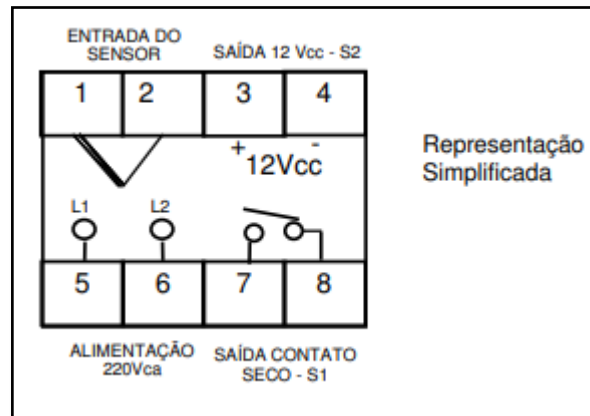


Figura 29-3: Diagrama de conexiones del termostato.
Fuente: (Manual de instalación)

3.6.5.2. Selección del temporizador

Para el temporizador se escoge uno que cumpla con las características del circuito, es decir: alimentación de 110 v, un rango de tiempo mayor a 10 horas y las salidas de la bobina sean de 110 v no mayor a 3 A, es por ello que se elige un temporizador CAMSCO, al tener 4 paciones permite elegir con mayor precisión el tiempo deseado, con este elemento se controla el tiempo de funcionamiento y de encendido del extractor.

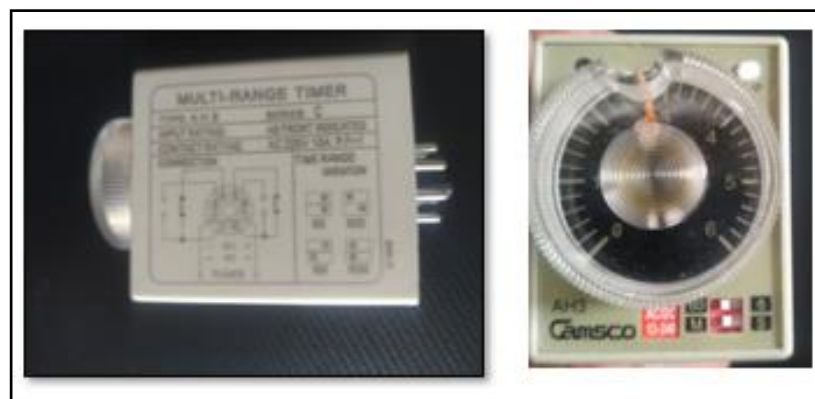
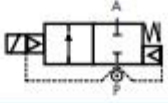


Figura 30-3: Temporizador.
Fuente: (López Alex , 2022)

3.6.5.3. Selección de la electroválvula

Las características de esta válvula vienen dadas por la siguiente tabla que provee la empresa fabricante, en la cual se hará la selección acorde a nuestra necesidad.



normalmente cerrada

DATOS TÉCNICOS

Fluidos: agua, aceite, aire
 Temperatura del fluido: -10°C + +90°C
 Temperatura ambiente: -10°C + +50°C
 Material del cuerpo: latón (CW617N EN 12165)
 Material del piloto: acero inoxidable
 Material del cierre piloto: FKM
 Material del cierre principal del piloto y de la membrana: NBR
 Potencia de la bobina: CA 18vA (servicio)
 CA 36vA (punta)
 CC 14w
 Grado de protección: IP 65 (con conector)

Figura 31-3: Datos técnicos electroválvula.
 Fuente: (M&M, s. f.)

La válvula normalmente cerrada es la ideal, ya que se desea que su apertura solo sea durante el proceso de funcionamiento, el GLP en veces tiende a condensarse, por lo que esta válvula es la ideal para el proceso.

VÁLVULA	Conexiones G	diámetro nominal	coeficiente de caudal Kvs	campo de presión			BOBINA	
				min	máx. ca	máx. cc	código	[Volts/Hz]
código	[ISO 228 G]	[mm]	[l/min]	[barg]	[barg]	[barg]	código	[Volts/Hz]
D187DBW	1/4"	15	50	0	16	•	7200	24v 50/60Hz
D188DBW	3/8"	15	60	0	16	•	7400	110v 50Hz - 120v 60Hz
D189DBW	1/2"	15	65	0	16	•	7600	200v 50Hz - 220v 60Hz
D190DBW	3/4"	15	80	0	16	•	7700	230v 50Hz - 240v 60Hz
D192DBW compacta	1"	15	85	0	16	•		
D293DBY (C)	1"	25	140	0	16	•		

Figura 32-3: Tabla de selección.
 Fuente: (M&M, s. f.)

Se elige el código D189DBW con una bobina de código 74000, la que es el voltaje de control conectado al termostato, con una conexión de ½” que es la ya existente en el lugar de instalación del equipo.



Figura 33-3: Electroválvula.

Fuente: (López Alex , 2022)

3.6.5.4. Selección de ventiladores.

Mediante el uso ventiladores de flujo axial, tanto para extracción de calor, humedad y recirculación del aire interno, estos se caracterizan por trasladar una gran cantidad de flujo de aire, por lo que se usará tol circular con perforaciones para poder controlar el volumen de aire que sale de la cámara, se detalla en la siguiente tabla las características de los ventiladores.



Figura 34-3: Ventilador.

Fuente: (López Alex , 2022)

Tabla 13-3: Datos generales de la ubicación

Ventilador	Cantidad	Potencia de entrada (watts)	Potencia de salida (watts)
Extracción de aire seco caliente	1	120	35
Extracción de humedad	1	60	15
Ventiladores internos	3	73	18

Realizado por: López Alex, 2022.

Potencia total del circuito

Para poder calcular la potencia consumida por el circuito, se hace un listado de los elementos a proteger, como resultado tenemos la tabla 4-3.

Tabla 14-3: Datos generales de la ubicación

Ventilador	Cantidad	Potencia (watts)	Potencia total (watts)
Extracción de aire seco caliente	1	120	120
Extracción de humedad	1	60	60
Ventiladores internos	3	73	219

Realizado por: López Alex, 2022.

Potencia Total

$$P_T = 120 W + 60 W + 219 W$$

$$P_T = 399 W$$

Corriente del circuito

$$I_C = \frac{P_T}{V}$$

$$I_C = \frac{399 W}{220 V}$$

$$I_C = 1,82 A$$

Intensidad para el breaker

$$I_{IT} = I_C + 0,15I_C$$

$$I_{IT} = 1,15I_C$$

$$I_{IT} = 1,15(1,82 A)$$

$$I_{IT} = 2,1 A$$

Para la compra de dispositivo se elijará un breaker de 3 líneas de 3 amperios.

3.6.6. Construcción del equipo e instalación

3.6.6.1. Elaboración del diagrama de actividades

DIAGRAMA DE OPERACIONES

NOMBRE DEL PROCESO: Elaboracion de un deshidratador de Brocolí.

Intercambiador de calor

Cortar las planchas



Barolado cilindro interno



Soldar el cilindro



Cortar las tapas del cilindro



Soldar las tapas



Inspeccionar hermeticidad



Cortar las aspas



Cámara de deshidratado

Cortar los tubos



Soldar según el plano



Pulir soldaduras



Inspeccionar grietas



Cortar las planchas



Doblar las planchas



Colocar las planchas con
lana de fibra de vidrio



Sistema eléctrico

Colocar el gabinete eléctrico



Instalar el termostato



Instalar la termocupla



Instalar contactores



Instalar el chispero

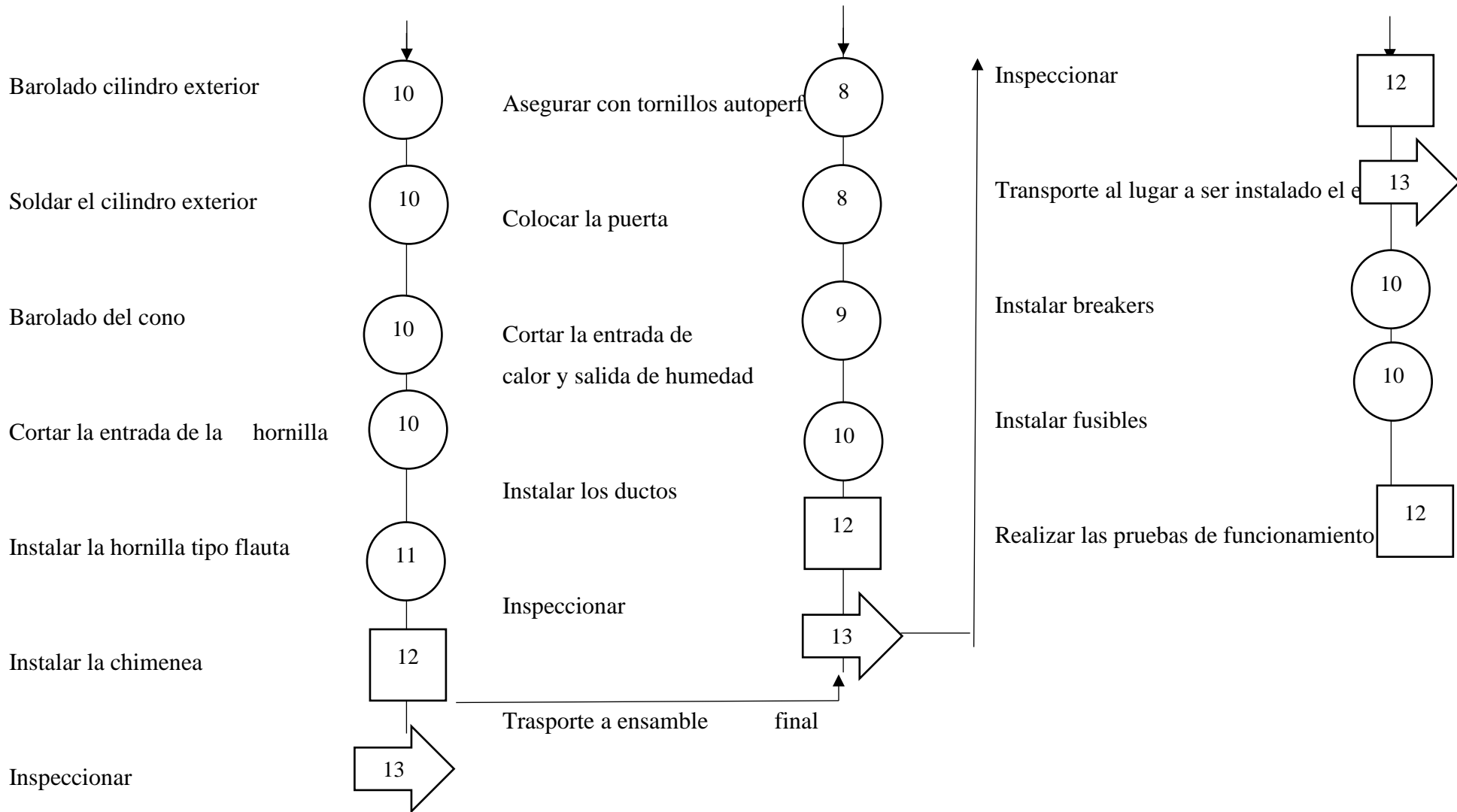


Instalar fusibles



Instalar los ventiladores





3.6.6.2. Construcción de la cámara de deshidratado

3.6.6.3. Estructura de la cámara

La estructura es donde estarán sujetas las planchas internas y externas, los ventiladores, las bisagras y el seguro de la puerta, para ello se utiliza tubo cuadrado galvanizado de 1,5 mm de espesor, para la construcción se requiere.

Procedimiento:

1. Fabricación de dos marcos iguales, correspondientes al frente y a la parte posterior.
2. Junta de los marcos, formando un cubo que corresponde a la parte externa de la estructura.
3. Partiendo de la estructura externa, se forma la estructura interna a 10 cm de distancia
4. Se verifica las escuadras.
5. Instalación de las bases donde van a ir ubicadas las bisagras y los ventiladores.
6. Por último, se procede a resoldar y pulir.



Figura 35-3: Estructura interna de la cámara.

Fuente: (López Alex, 2022)

3.6.6.4. Recubrimiento de la estructura

Es la parte visual exterior e interior de la cámara. La parte exterior de la cámara está formada de acero AISI 201 lo cual nos garantiza una gran resistencia a los agentes corrosivos y mediante agentes químicos y pulido se logra un buen acabado. En la parte interior de la cámara está formada con acero AISI 304 de grado alimenticio, ideal para el interior de la cámara al tener una gran resistencia a la corrosión producida por la humedad.

Procedimiento:

1. Cortar las planchas tomando en cuenta las medidas de la estructura ya formada y aumentando 5 cm para el dobléz
2. Doblar según el diseño
3. Colocar las planchas internas y aseguramos por la parte del dobléz
4. Antes de colocar las planchas externas, se instala los ventiladores y la termocupla
5. Forrar con lana de fibra de vidrio y colocar la plancha exterior
6. Cortar el ducto de extracción de aire seco caliente (la altura será tomada del intercambiador de calor)
7. Cortar el ducto de extracción de humedad
8. Instalar los ductos de ingreso y salida del calor
9. Instalar la puerta
10. Colocar la manija y el seguro
11. Fabricar la porta bandejas.



Figura 36-3: Cámara del deshidratador
Fuente: (López Alex, 2022)

3.6.6.5. Construcción del intercambiador de calor

3.6.6.6. Cilindro interno

Es la parte en donde se genera la combustión, en el interior está ubicada la hornilla tipo flauta, las tapas tienen que ir completamente soldada de tal manera que no permita el paso de gases por sus uniones, consta de una entrada de aire y un desfogue, a su alrededor las aspas ayudan a la circulación de aire.

Procedimiento:

1. Trazar en la plancha de 1,5 mm de espesor y cortar el perímetro del cilindro.
2. Barolar hasta conseguir un cilindro
3. Cortar las tapas y soldar
4. Trazar las aspas con un radio de 2,44m
5. Cortar y soldar las aspas



Figura 37-3: Cilindro interior.
Fuente: (López Alex, 2022)

3.6.6.7. Cilindro exterior

Procedimiento:

1. Trazar en la plancha de 1,5mm de espesor y cortar el perímetro del cilindro.
2. Barolar hasta conseguir un cilindro
3. Fabricar un cono reductor
4. Remachar a la parte externa del cilindro



Figura 38-3: Cilindro exterior.
Fuente: (López Alex, 2022)

3.6.6.8. Construcción de los ductos de conexión entre el intercambiador y la cámara

El ducto inferior es el encargado de conectar el intercambiador de calor y la cámara de deshidratado el mismo tendrá un ventilador termo resistente que se encargará de impulsar el aire caliente hacia el interior de la cámara, el ducto en la parte superior es el encargado de extraer la humedad hacia el exterior de la cámara, cuenta con un ventilador que será activado en las últimas horas del proceso.

Procedimiento:

1. Trazar en la plancha de 1,5mm de espesor y cortar el perímetro del cilindro.
2. Barolar hasta conseguir un cilindro
3. Remachar los bordes del cilindro revisando que no sea mayor a 5 cm del diámetro del ventilador
4. Cortar a 2,5 cm de profundidad en todo el borde cada 2cm
5. Con el playo doblar a 90 grados los filos cortados
6. Instalar en cada uno de los ductos



Figura 39-3: Ducto de humedad.

Fuente: (López Alex, 2022)

3.6.6.9. Instalación del sistema eléctrico

Aquí se encuentran los elementos eléctricos alimentados de 110 voltios encargados de controlar el correcto funcionamiento de la extracción de humedad, alimentación de calor, circulación interna de aire, encendido y apagado del intercambiador de calor según el termostato lo indique.

Procedimiento

Para la instalación de estos elementos se procede a colocar el elemento según el diagrama previamente establecido, con el una vez colocado se energiza para ver su correcto funcionamiento y se añade un nuevo elemento hasta terminar con el diagrama.

3.6.6.10. *Instalación en la planta*

Determinado el lugar de instalación, se procede a colocar el gabinete cerca del equipo sin energizar; la alimentación para el funcionamiento proviene del tablero principal el cual fue conectado después de terminar de instalar por completo todas las partes al gabinete.



Figura 40-3: Equipo Instalado.
Fuente: (López Alex, 2022)

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y DETERMINACIÓN DE TIEMPOS.

Una vez instalado, se hacen las pruebas de funcionamiento a cámara vacía y cámara llena, después se determina el consumo real de calor, por último, se realiza un diseño factorial AXB para determinar el nivel de significancia de las variables temperatura, tiempo e interacción entre las 2, lo que ayuda a la toma de decisiones para designar con que valores se trabaja, se obtienen los siguientes resultados:

4.1. Temperatura vs tiempo en la cámara

Con la ayuda de un cronómetro y del indicador del termostato, se registra el comportamiento de la temperatura en el interior de la cámara, dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 15-4: Incremento de la temperatura en cámara vacía y llena.

Número de medición	Temperatura	Tiempo	
		Cámara vacía	Cámara llena
1	20	0	0
2	22	1	1
3	24	2	3
4	26	3	4
5	28	4	5
6	30	5	7
7	34	7	8
8	36	8	9
9	38	9	11
10	40	10	12
11	42	11	13
12	44	13	15
13	46	14	16
14	48	15	19
15	50	17	20
16	52	18	21
17	54	19	22
18	56	20	24
19	58	21	25
20	60	22	26

21	58	25	30
22	60	30	34
23	58	33	39
24	60	37	41
25	58	40	45
26	60	45	50

Realizado por: (López Alex, 2022)

En la figura 1-4. Se observa la elevación de temperatura vs el tiempo, a cámara vacía llega un poco más rápido, en ninguno de los 2 casos excede la temperatura programada.

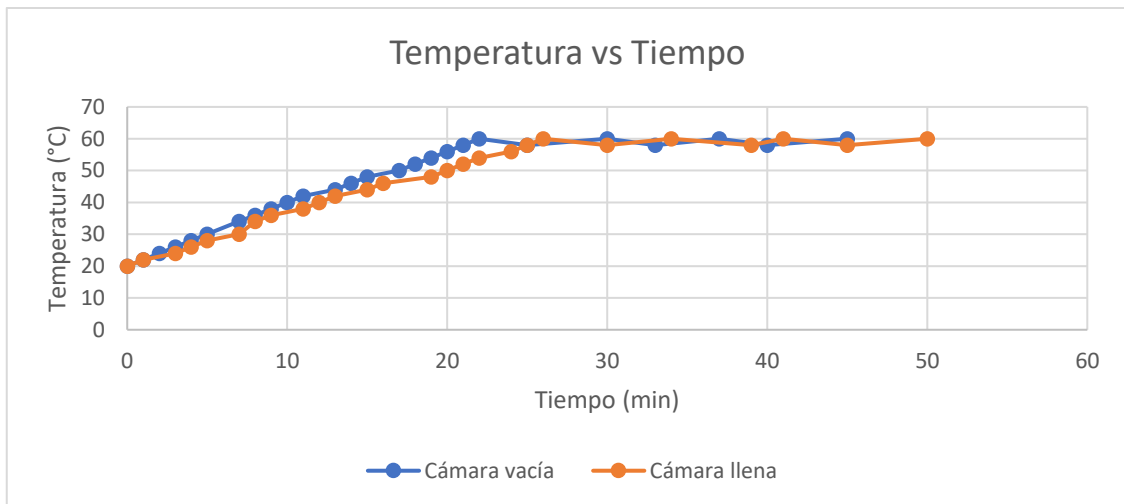


Figura 41-4: Temperatura interior de la cámara.

Fuente: (López Alex, 2022)

4.2. Calor absorbido sin pérdidas

A continuación, se presenta el calor que necesita para llegar a una temperatura de 60 °C, esto con la finalidad de determinar el calor que se pierde durante el proceso.

$$V = 2,0672 \text{ m}^3$$

$$\delta = \frac{m}{V}$$

$$1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{m}{2,0672 \text{ m}^3}$$

$$m = 1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2,0672 \text{ m}^3$$

$$m = 2,532 \text{ kg}$$

$$Q_{abs} = m * C_e * \Delta T$$

$$Q_{abs} = 2,532 \text{ kg} * \frac{1g}{1000kg} * 1.01 \frac{J}{g * ^\circ C} * (60 - 20) ^\circ C$$

$$Q_{abs} = 0,1022 J = 0,025 \text{ cal}$$

4.3. Cálculo de calor absorbido con datos reales

Se tiene un quemador tipo flauta de 90 cm, para determinar la salida de calor se realizó toma de datos durante las pruebas de funcionamiento, por lo que se puede determinar lo siguiente:

15 kg de GLP tienen una duración de 850 min de quema continua. En la tabla se observa que para llegar a los 60 °C toma un tiempo de 26 min, con lo que procede a realizar los siguientes cálculos:

$$m_{consumida} = \frac{26 \text{ min} * 15 \text{ kg}}{850 \text{ min}}$$

$$m_{consumida} = 0,459 \text{ kg}$$

$$PCI = 10820 \frac{Kcal}{kg} * \frac{1 \text{ cal}}{1000 Kcal} = 10,82 \frac{cal}{kg}$$

$$Q_{consumido \text{ real}} = 10,82 \frac{cal}{kg} * 0,459 \text{ kg}$$

$$Q_{consumido \text{ real}} = 4,966 \text{ cal}$$

4.4. Determinación del tiempo de deshidratado

Se establece la siguiente tabla en la que se observa como respuesta el porcentaje de humedad en el producto tratado, se toman a diferente tiempo y a diferentes temperaturas.

Tabla 16-4: Porcentaje de humedad según las variables tiempo y temperatura.

		Tiempo (horas)			
		7	8	9	10
Temperatura (°C)	50	34,6	28,3	22,5	19,5
		29,3	26,8	20,9	18,7
	60	28,2	22,8	17,6	16,7
		25,7	20,4	16,2	15,2
	70	20,6	18,5	15,9	13,8
		22,5	19,7	14,6	13,2

	80	19,9	15,9	16,3	12,8
		17,6	16,3	14,7	11,5

Realizado por: (López Alex, 2022)

Se procede a realizar la tabla según el diseño factorial A x B, en que se obtiene lo siguiente:

Tabla 17-4: Tabla de operaciones del diseño factorial A x B.

		Tiempo (horas)				Yj	Yj^2	Promedio
		7	8	9	10			
Temperatura (°C)	50	34,6	28,3	22,5	19,5	200,6	40240,36	25,075
		29,3	26,8	20,9	18,7			
	60	28,2	22,8	17,6	16,7	162,8	26503,84	20,35
		25,7	20,4	16,2	15,2			
	70	20,6	18,5	15,9	13,8	138,8	19265,44	17,35
		22,5	19,7	14,6	13,2			
	80	19,9	15,9	16,3	12,8	125	15625	15,625
		17,6	16,3	14,7	11,5			
Yi		198,4	168,7	138,7	121,4	627,2	101634,64	
Yi^2		39362,56	28459,69	19237,69	14737,96	101797,9		
Promedio		24,8	21,0875	17,3375	15,175			

Realizado por: (López Alex, 2022)

Cálculos para realizar la tabla ANOVA

$$\frac{Y_{..}^2}{N} = 12293,12$$

$$SC_{Tiempo} = \sum \frac{Y_{j.}^2}{b * n} - \frac{Y_{..}^2}{N} = 411,21$$

$$SC_{Temperatura} = \sum \frac{Y_{i.}^2}{a * n} - \frac{Y_{..}^2}{N} = 431,6175$$

$$SC_{Tiempo*Temperatura} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij.}^2}{n} - \frac{Y_{..}^2}{N} - SC_{LEV} - SC_{TEM} = 46,1525$$

Tabla 18-4: Tabla ANOVA.

Tabla Anova						
Fuente de variabilidad	Suma cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medio	Fo	Fcrítico	Criterio de decisión
Efecto A	411,21	3	137,07	65,8990385	3,23887152	s
Efecto B	431,6175	3	143,8725	69,1694712	3,23887152	s
Efecto AB	46,1525	9	5,12805556	2,46541132	2,53766654	ns
Error	33,28	16	2,08			
Total	922,26	31				

Realizado por: (López Alex, 2021)

Interpretación de la tabla ANOVA

Se define que el efecto A y el efecto B que son las variables de tiempo y temperatura, son altamente significativas en el proceso de manera independiente, y que el efecto AB correspondiente a la interacción tiempo y temperatura es levemente o nada significativa en el proceso de deshidratado, es decir, que se pueden manipular las variables de manera independiente y se puede obtener el porcentaje de humedad deseado.

Tabla 19-4: Tabla de promedios del porcentaje de humedad.

		Tiempo (horas)			
		7	8	9	10
Temperatura (°C)	50	31,95	27,55	21,7	19,1
	60	26,95	21,6	16,9	15,95
	70	21,55	19,1	15,25	13,5
	80	18,75	16,1	15,5	12,15

Fuente: (López Alex, 2022)

En la siguiente figura se observa el porcentaje de humedad en las diferentes temperaturas y tiempos, por lo que se recomienda usar una temperatura entre 60 °C y 70 °C, ya que a una mayor temperatura se pueden reducir los nutrientes.

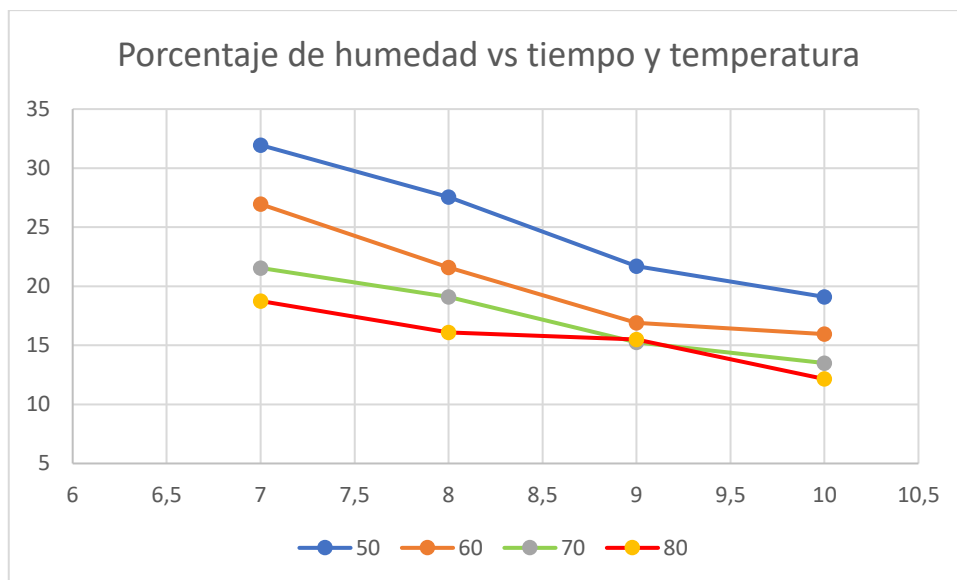


Figura 42-4: Porcentaje de humedad vs tiempo y temperatura.

Fuente: (López Alex, 2022)

En el siguiente gráfico se puede apreciar de manera visual como es el comportamiento promedio del porcentaje de humedad según las diferentes temperaturas a diferentes tiempos de procesamiento, ya que el requerimiento es que el porcentaje de humedad sea menor al 16 % se recomienda deshidratar a una temperatura de 70 grados Celsius a un tiempo de 9 horas.

4.5. Establecer normas de manejo, seguridad y mantenimiento del equipo

4.5.1. Programación de temperatura

En caso de requerir una variación en la temperatura establecida, el operario debe seguir los siguientes pasos para el cambio de temperatura.

1. En la parte del termostato presionar el botón marcado con la letra P, mostrando las letras AJL
2. Una vez que se muestren las letras AJL deberá mantener pulsado P hasta cuando indique la temperatura programada.
3. Con los botones selectores se ajusta la temperatura deseada
4. Volver apretar P y se guardará.

4.5.2. Programación del tiempo de permanencia

En caso de requerir una variación en el tiempo establecido, el operario debe seguir los siguientes pasos para el cambio del tiempo.

1. Abrir la caja del gabinete, en el cual se muestran 2 temporizadores marcado como T1 Y T2. T1 indica el tiempo que funcionará sin extracción de aire y T2 marca el tiempo de activación del extractor de humedad. (estos tiempos son determinados por la curva de deshidratado)
2. En la parte inferior de la imagen del temporizador muestra la escala máxima que puede llegar según su selección.
3. Girar la perilla según la escala hasta el tiempo deseado, recordando que la suma de los temporizadores es la total de permanencia.

4.5.3 *Modo de uso*

Una vez ya establecido los tiempos y la temperatura, el operario debe cargar las bandejas del producto a tratar, asegurar la puerta y por último en el gabinete de control colocar el selector en la posición de encendido con lo que empieza el proceso automáticamente, cuando llegue a la temperatura programada la extracción de calor se detiene, y se apaga la quema de gas GLP en el intercambiador de calor hasta cuando descienda 2 °C, entonces se encenderá nuevamente y se apagará por completo al finalizar el proceso.

4.5.4 *Elementos de seguridad del equipo*

Uno de los mayores riesgos que hay dentro del equipo es la quema de gas GLP en el interior del intercambiador, por ello se ha colocado un sensor de llama el cual, al no detectar fuego en los 5 segundos iniciales, cierra la electro válvula deteniendo el flujo de gas y que pueda ocasionar alguna explosión.

En caso de encenderse el foco de fallo:

1. Cierre la válvula de la fuente de gas
2. En el gabinete colocar el selector en apagado
3. Proceda a reportar al encargado en seguridad o mantenimiento

4.5.5 *Elementos de seguridad del equipo*

Dentro del gabinete de control se encuentra cada línea con un fusible que protegerá a los elementos en caso de un cortocircuito, también cuenta con breaker de activación en el tablero de control.

4.6 Socialización en la empresa sobre el manejo y mantenimiento del deshidratador

La socialización se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa PROAGRIP, se contó con la presencia del gerente, el encargado del proyecto de la producción de harinas y el responsable del mantenimiento.

En la misma se presentó de manera práctica el encendido, la programación de temperatura y tiempo, el mantenimiento, precauciones, el significado de cada uno de los focos del gabinete y qué hacer ante el fallo de ignición.

CONCLUSIONES

- Se realizó una investigación acerca del principio del deshidratado y las variables que interfieren en dicho proceso, lo que nos ayudó a la selección de la fuente de calor, quedando como la quema de gas GLP, el indicado para implementar en la empresa.
- Mediante el software SolidWorks se estableció el dimensionamiento tanto del intercambiador de calor, como el de la cámara, siendo de gran ayuda la planificación al comprar el material, planificación de uso de maquinaria y determinación de tiempos. El aire caliente seco se genera mediante un intercambiador de calor que funciona con la quema de gas GLP, usando el principio de convención se calienta el aire limpio que irá al interior de la cámara de deshidratado.
- La selección de equipos y materiales, fue la adecuada, se elaboró un equipo deshidratador de verduras que funciona de manera automática, consta de ventiladores de 18 w, de 220 voltios con protección térmica usados para la circulación de aire, sensor de flama en caso de fuga de gas, lo que le hace un equipo fácil y seguro de manipular.
- La instalación se llevó de manera satisfactoria, siendo de total agrado para los dirigentes del proyecto, también se elaboró una pequeña guía de uso, mantenimiento y seguridad que fue socializado con el encargado de manteamiento y operadores, lo que prolongará la vida útil, y creando un ambiente seguro de trabajo evitando el mal uso del mismo.
- Este equipo deshidratará cerca de 60 kilos de brócoli por parada, en un lapso de 9 horas a una temperatura de 60 °C estando listo para ser procesado para la fabricación de harina, sin embargo, este equipo podría ser usado para la deshidratación de otras verduras, frutos, carnes, entre otros. Se realizó un diseño factorial, en cual se estableció la tabla de deshidratado, siendo de gran ayuda para poder reducir el tiempo de deshidratado.

RECOMENDACIONES

- Se puede mejorar el equipo implementado un sistema de recirculación de aire desde el desfogue al intercambiador de calor y una trampa de humedad, lo que permitiría llegar a la temperatura mucho más rápido y usar menos combustible para el proceso.
- Se recomienda el uso de sensores de humedad en la cámara, lo cual activaría un extractor, logrando de esta manera tener más control sobre el proceso.
- Si se desea llegar a temperaturas superiores a los 100 °C se recomienda la reubicación de los motores de los ventiladores ya que estos podrían dañarse si pasan esta temperatura y para el intercambiador de calor usar un ventilador centrífugo protegiendo el motor del calor que este podría generar.

BIBLIOGRAFÍA

- AREATECNOLOGIA.** *Relé Temporizador* [blog]. [Consulta: 4 marzo 2022]. Disponible en: <https://areatecnologia.com/electricidad/rele-temporizador.html>
- BERGER, N.** *La deshidratación de alimentos, la forma más antigua y sana de conservación.* [blog]. [Consulta: 10 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.naturarla.es/la-deshidratacion-la-forma-mas-antigua-y-sana-de-conservacion/>
- COBA, G.** *El brócoli gana protagonismo en la exportación no petrolera del país* [blog]. [Consulta: 31 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/brocoli-espacio-canasta-exportaciones/>
- CSA-SEGURIDAD ALIMENTARIA.** *El uso del acero inoxidable en la industria alimentaria.* [blog]. [Consulta: 6 marzo 2022]. Disponible en: <https://csaconsultores.com/uso-del-acero-inoxidable-la-industria-alimentaria/>
- CUELI LLERA, J., & GAREAGA HERRERA, A.** *Técnico en Montaje y Mantenimiento de Instalaciones de Frío, Climatización y Producción de Calor. Módulo: Instalaciones Eléctricas y Automatismos* [en línea]. Asturias-España: Consejería de Educación y Ciencia. 2006. [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: https://www.escueladeinstaladores.com/wp-content/uploads/wpcfto_files/5d8ba02b058979af90ecf107582326ef2%20Representacion%20grafica%20y%20simbologia%20IEA.pdf
- CUEVA MAMANI, J. L.** *Diseño e implementación de un temporizador ara un sistema en chip (SOC) en lenguaje VERILOG* [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú. 2018. [Consulta: 2021- 09-11]. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10493/Cueva_Mamani_Jose_Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BARRIQUAND.** *Dimensionamiento de un intercambiador de calor.* [blog]. 2016. [Consulta: 11 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.barriquand.com/es/dimensionar-intercambiador/>
- DIPAC.** *El acero inoxidable en la industria alimenticia.* [blog]. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <http://blog.dipacmanta.com/el-acero-inoxidable-en-la-industria-alimenticia/>

- M&M INTERNATIONAL.** *Electroválvulas. La tecnología para el control de fluidos.* [en línea]. Milán - Italia. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <http://www.mmiberica.com/Descargas/ELECTROVLVULASYBOBINAS.pdf>
- FARINA, L. A.** "Parte 1: Los tableros eléctricos según la Reglamentación para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles 90364". *Ingeniería Eléctrica* [en línea], 2019, (Argentina) 341(31), pp. 63-67. [Consulta: 20 julio 2021]. ISSN 16675169. Disponible en: https://www.editores.com.ar/sites/default/files/ingeniera_electrica_341_abril_2019_baja.pdf
- FITO MAUPOEY, P.** *Introducción al secado de alimentos por aire caliente.* [en línea]. Valencia España: Universidad Politécnica de València, 2001. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/ereader/elibrodemo/129677>
- FOURTY A; et al.** *Calor específico Calorimetría.* [en línea] Santa Fe -Argentina, 2003. [Consulta: 10 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/fisica2ecen/descargas/apuntes/Calorimetria.pdf>
- GARCÍA, G.** *Sensores y actuadores en el sistema de inyección.* [blog]. 2016. [Consulta: 26 2022]. Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/sensores-y-actuadores-en-el-sistema-de-inyeccion-electronica.php>
- GARCÍA MORENO, E.** *Automatización de procesos industriales: Robótica y automática.* [en línea]. Valencia España: Universidad Politécnica de València, 2020. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/ereader/elibrodemo/129686>
- GÓMEZ DELGADO, A. E.** Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa dedicada a la producción y comercialización de frutas deshidratadas empacadas tipo snack en el Cantón La Maná. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central Del Ecuador, Quito, Ecuador. 2019 [Consulta: 2021- 09-15]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20151/1/T-UCE-0003-CAD-191.pdf>
- GRANDA, I. E.** Dispositivos de paradas de emergencia. *Ingeniería Eléctrica* [en línea], 2018, (Argentina) 332(31), pp. 100 - 101. [Consulta: 29 julio 2021]. ISSN 16675169. Disponible en: https://www.editores.com.ar/sites/default/files/ingeniera_electrica_332_junio_2018-BAJA.pdf
- HARPER, G. E.** *Protección de instalaciones electricas industriales y comerciales / Protection of Electrical Industrial and Commercial Installations.* México: Limusa, 2005.

- HERRERA JÁCOME, J. R., & ZAPATA ROJAS, C. P.** Diseño y construcción de un deshidratador eléctrico automatizado para el secado de la semilla de cereales para el proceso de producción de harinas en agroindustrias. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2015 [Consulta: 2021- 08-15]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2977>
- ILERFRED.** *El brócoli, el nuevo imprescindible* [blog]. [Consulta: 8 junio 2021]. Disponible en: <https://www.ilerfred.com/el-brocoli-el-nuevo-imprescindible/>
- IZA, O., & PAZ, V.** El proceso de pedidos de productos y la rentabilidad de la empresa PROAGRIP Cía. Ltda. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2015 [Consulta: 2021- 08-25]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/17029>
- JARAMILLO, O. A.** *Intercambiadores de calor*. [en línea]. México: Universidad Nacional de México, 2009. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: https://issuu.com/mohamedsaucedoyunis/docs/intercambiadores_de_calor__o._a._j_edc_dc8b2b286af
- JEFFERSON SUDAMERICANA S.A.** *Válvulas a Solenoide Información de Ingeniería* [en línea]. Buenos Aires - Argentina, 2016. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <http://www.jefferson.com.ar/en/down/Catalogo%20Neumatica-Hidraulica.pdf>
- KUROWSKI, P.** *Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2013*. Madrid - España: Schroff Development Corporation, 2013.
- LATORRE, J. D.** *Los 10 principales beneficios del brócoli para la salud*. [blog], 2021. [Consulta: 9 junio 2021]. Disponible en: <https://www.miarevista.es/salud/articulo/los-10-principales-beneficios-del-brocoli-para-la-salud-291461659861>
- MALDONADO, R. J., & PACHECO-DELAHAYE, E.** "Curvas de deshidratación del brócoli (*Brassica oleraceae* L var. *Italica* Plenck) y coliflor (*Brassica oleraceae* L var. *Botrytis* L)". *Revista de la Facultad de Agronomía* [en línea], 2003, (España) 20(3), pp. 306-319. [Consulta: 20 junio 2021]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S037878182003000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- MAUPOEY, P. F; et al.** *Introducción al secado de alimentos por aire caliente* [en línea]. ESPAÑA: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA, 2016. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://gdocu.upv.es/al>

fresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-6f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true#:~:text=De%20todas%20estas%20t%C3%A9cnicas%20de%20vac%C3%ADo)%20y%20la%20iofilizaci%C3%B3n.

MECAFENIX, I. *Tipos de tableros eléctricos.* [blog], 2018 [Consulta: 6 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>

MICHELIS, A., & OHACO, E. *DESHIDRATAACION Y DESECADO DE FRUTAS, HORTALIZAS Y HONGOS.* [en línea]. Argentina: INTA. [Consulta: 2 marzo 2022]. Disponible en: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf

M&M INTERNATIONAL. *Electroválvulas. La tecnología para el control de fluidos.* [en línea]. Milán - Italia. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <http://www.mmiberica.com/Descargas/ELECTROVLVULASYBOBINAS.pdf>

MURILLO ARIAS, Cesar Augusto. Diseño de un deshidratador de convección para frutas y vegetales. [En línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia.2007. [Consulta: 2021-15-11]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6409/T04422.pdf>

ORDAYA, PEDRO *Cambios Normativos Relacionados con la Seguridad del GLP* [en línea]. 2011. [Consulta: 23 junio 2021]. Disponible en: http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/Foro_Hidrocarburos_Cusco_2011/3.%20SEGURIDAD%20EN%20INSTALACIONES%20DE%20GLPING.PEDRO%20ORDAYA%201.pdf

PÉREZ, E. M; et al. *Autómatas programables y sistemas de automatización / PLC and Automation Systems.* Galicia - España: Marcombo, 2009.

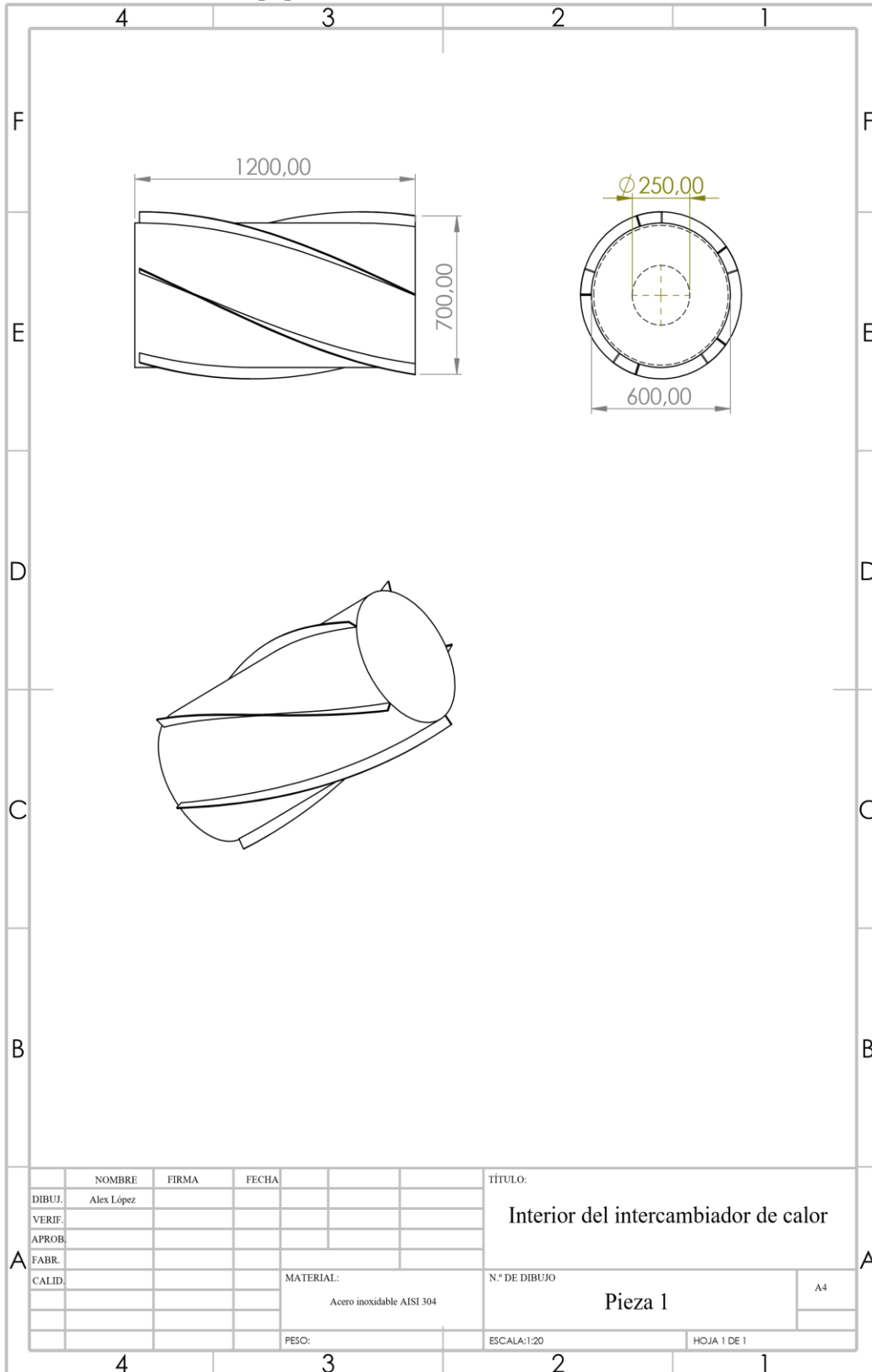
REYES, J; et al. "Deshidratador de dientes de león (Taraxcum Officinale)". *Nextia* [en línea], pp. 30-38. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: <https://uvp.mx/revistas/index.php/nextia/article/view/68>

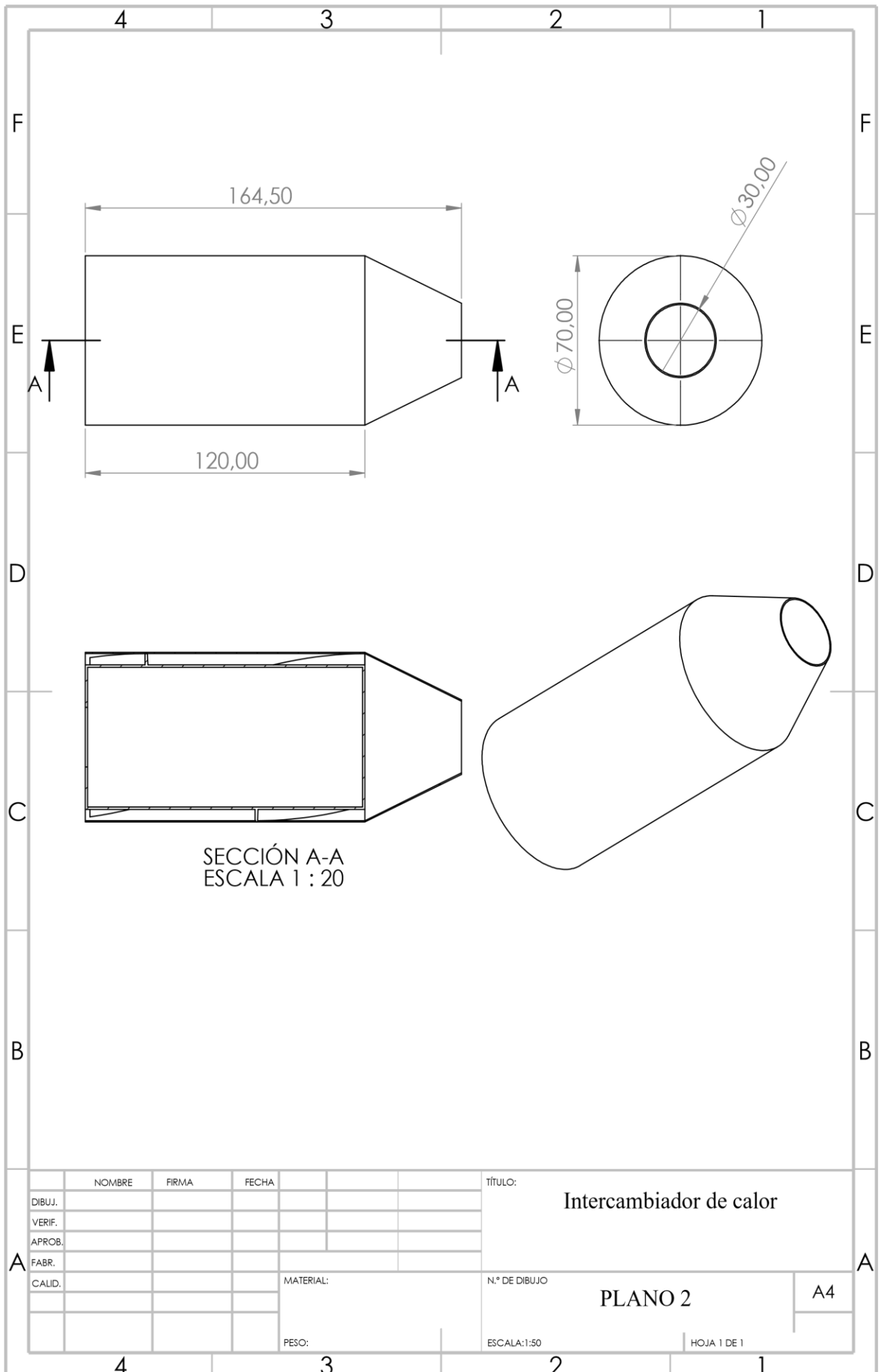
RICHARD G. BUDYNAS & J. KEITH NISBETT. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* 9. México: The McGraw-Hil, 2012.

- RODRÍGUEZ, C.** *El deshidratador: Qué es, cómo funciona y cómo elegirlo* [blog], 2018. [Consulta: 22 junio 2021]. Disponible en: https://www.cuerpomente.com/alimentacion/nutricion/deshidratador-que-es-como-funciona_2406
- ROMERO, V.** *Termodinámica*. [blog], 2014. [Consulta: 22 junio 2021]. Disponible en: https://www.fisica.unam.mx/personales/romero/TERMO2014/TERMO-NOTAS_2014.pdf
- SALA LIZÁRRAGA J. & LÓPEZ GONZÁLEZ L.** *TERMODINÁMICA FUNDAMENTAL*. [en línea]. Buenos Aires - Argentina, 2011. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>
- TRANSELEC.** *Tableros Eléctricos, Sus Requerimientos Y Clasificación* [blog], Rosario. [Consulta: 6 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.transelec.com.ar/soporte/18408/tableros-el-ctricos-sus-requerimientos-y-clasificaci-n/>
- VILCHES, E.** *Elementos-electromecánicos—EL CONTACTOR*. [blog]. [Consulta: 4 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-tecnologica-del-valle-de-toluca/control-automatico/elementos-electromecanicos/12115943>
- VILLÉN, M.** *Deshidratación de alimentos, la conservación más saludable*. [blog], 2013. [Consulta: 10 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/deshidratacion-la-forma-mas-antigua-y-sana-de-conservar-los-alimentos/>
- ZABALEGUI, A. C.** *TIPOS DE DESHIDRATADORES 2014 OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA III*. [blog], 2014. [Consulta: 10 agosto 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/8044624/TIPOS_DE_DESHIDRATADORES_2014_OPERACIONES_DE_TRANSFERENCIA_DE_MASA_III

ANEXOS

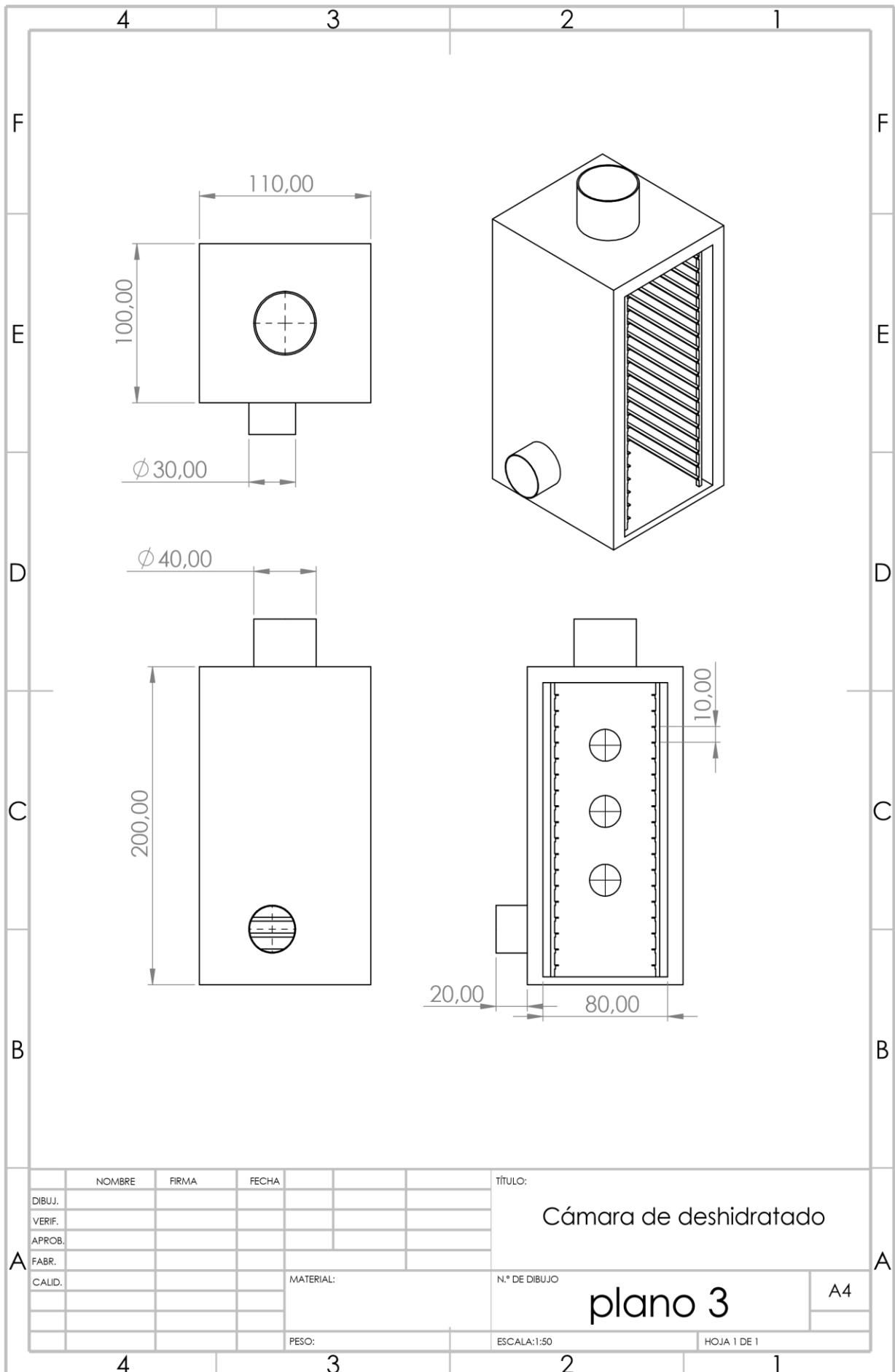
ANEXO A: Planos del equipo





SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 20

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
DIBUJ.				Intercambiador de calor
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				N.º DE DIBUJO
			MATERIAL:	PLANO 2
			PESO:	A4
				ESCALA: 1:50
				HOJA 1 DE 1



	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				

TÍTULO:
Cámara de deshidratado

N.º DE DIBUJO
plano 3

PESO:
ESCALA:1:50

HOJA 1 DE 1

A4

ANEXO B: Construcción de la cámara de deshidratado



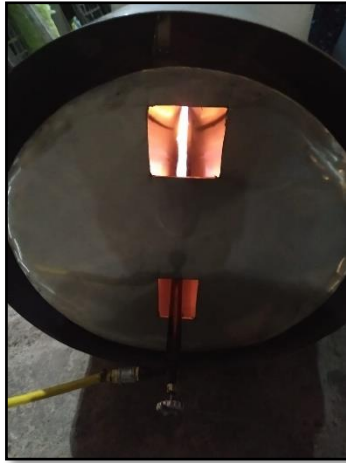


ANEXO C: Construcción de los ductos

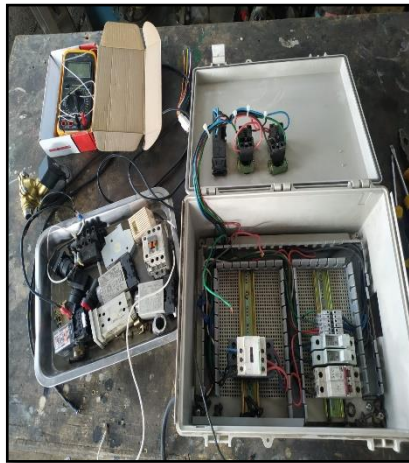


ANEXO D: Construcción del intercambiador de calor





ANEXO E :Instalación del sistema eléctrico



ANEXO F: Producto procesado

