



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR**  
**ELÉCTRICO DE FRUTAS DE 20 BANDEJAS PARA UN SISTEMA**  
**DE PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES:**

AVALOS ORDOÑEZ ADRIAN ROBERTO

PÁNCHEZ HIDALGO JOSUÉ EMANUEL

Riobamba-Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR  
ELÉCTRICO DE FRUTAS DE 20 BANDEJAS PARA UN SISTEMA  
DE PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES:** AVALOS ORDÓÑEZ ADRIAN ROBERTO

PÁNCHEZ HIDALGO JOSUÉ EMANUEL

**DIRECTOR:** ING. DIEGO FERNANDO MAYORGA PÉREZ

Riobamba-Ecuador

2023

© 2023, Adrian Roberto Avalos Ordóñez y Josué Emanuel Pánchez Hidalgo

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

Nosotros, Adrian Roberto Avalos Ordóñez y Josué Emanuel Pánchez Hidalgo, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 1 de diciembre de 2023



**Adrian Roberto Avalos Ordóñez**

**C.I: 060482421-9**



**Josué Emanuel Pánchez Hidalgo**

**C.I: 060497285-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MECÁNICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR ELÉCTRICO DE FRUTAS DE 20 BANDEJAS, PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL**, realizado por los señores: **ADRIAN ROBERTO AVALOS ORDÓÑEZ Y JOSUÉ EMANUEL PÁNCHEZ HIDALGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

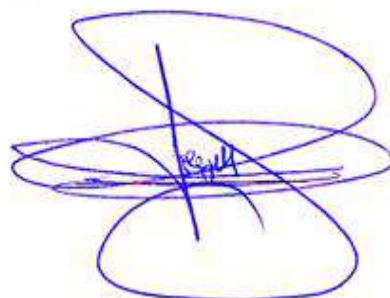
FIRMA



FECHA

2023-12-01

Ing. Diego Fernando Mayorga Pérez  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-01

Ing. John German Vera Luzuriaga  
**ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-01

## **DEDICATORIA**

A mis padres, fuente inagotable de amor, sabiduría y apoyo incondicional y a todos aquellos que creyeron en mí y compartieron este viaje académico. Esta tesis está dedicada a ustedes, quienes han sido mi inspiración y sostén a lo largo de este desafiante pero gratificante trayecto. ¡Gracias por ser la luz que guía mi camino!"

*Adrian*

A mis padres, mi tía y mi abuelito, pilares fundamentales en mi vida, que me respaldaron en cada vicisitud, en cada traspie y me inculcaron el precepto del esfuerzo desde niño.

A mis amigos por los días y noches a carcajadas que me ayudaron a sobrellevar los momentos enrevesados y las angustias cotidianas. A mis mentores quienes me dieron la devoción por la ciencia y el amor a esta. A mi familia y personas con quienes viví momentos memorables. Les dedico este trabajo a todos ustedes.

*Josué*

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todos aquellos que contribuyeron de manera invaluable a la realización de este trabajo de titulación. A mi familia y amigos, por su paciencia, aliento y apoyo incondicional. Este logro no habría sido posible sin la contribución de cada uno de ustedes. ¡Gracias por ser parte fundamental de este importante capítulo en mi carrera académica!

*Adrian*

Agradezco a toda mi familia por ser el sustento de todo lo que he logrado, a todos los amigos y docentes que he conocido en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me han brindado su apoyo y conocimiento para llegar a ser un buen profesional, A todos ustedes, gracias de corazón.

*Josué*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. <i>Justificación</i> .....	3
1.2.2. <i>Justificación teórica</i> .....	3
1.2.3. <i>Justificación metodológica</i> .....	3
1.2.4. <i>Justificación socioeconómica</i> .....	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Deshidratación.....	5
2.1.1. <i>Ventajas de la deshidratación</i> .....	6
2.1.2. <i>Desventajas de la deshidratación</i> .....	6
2.2. Actividades previas para la deshidratación.....	6
2.2.1. <i>Selección de la fruta</i> .....	6
2.2.2. <i>Lavado de la fruta</i> .....	6
2.2.3. <i>Cortado de la fruta</i> .....	6
2.3. Actividades después de la deshidratación.....	7
2.3.1. <i>Proceso de enfriamiento</i> .....	7



2.4.	<b>Temperaturas de deshidratación</b> .....	7
2.5.	<b>Leyes de la termodinámica y transferencia de energía</b> .....	8
2.6.	<b>Transferencia de calor y sus formas</b> .....	9
2.6.1.	<i>Conducción</i> .....	10
2.6.2.	<i>Convección</i> .....	11
2.6.3.	<i>Radiación</i> .....	12
2.7.	<b>Efecto Joule</b> .....	14
2.8.	<b>Humedad</b> .....	15
2.9.	<b>Tipos de deshidratación que se usan en frutas</b> .....	15
2.10.	<b>Tipos de deshidratadores</b> .....	16
2.10.1.	<i>Deshidratador de silo o tolva</i> .....	16
2.10.2.	<i>Deshidratador de aspersión</i> .....	17
2.10.3.	<i>Deshidratador rotativo</i> .....	17
2.10.4.	<i>Deshidratador solar</i> .....	18
2.10.5.	<i>Deshidratador de bandejas</i> .....	19
2.11.	<b>Control de temperatura</b> .....	19

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	22
3.1.	<b>Metodología del diseño</b> .....	22
3.2.	<b>Definición del producto</b> .....	22
3.2.1.	<i>Requerimientos del cliente</i> .....	22
3.2.2.	<i>Voz del usuario</i> .....	22
3.2.3.	<i>Voz del ingeniero</i> .....	24
3.2.4.	<i>Análisis de competencias</i> .....	25
3.2.4.1.	<i>Kenton Apparatus Ltd: deshidratador industrial de frutas modelo KYS-120AS</i> .....	25
3.2.4.2.	<i>Inoxidables elite: deshidratador de 20 bandejas</i> .....	26
3.2.5.	<i>Casa de la calidad</i> .....	28
3.2.5.1.	<i>Necesidades del cliente</i> .....	28
3.2.5.2.	<i>Análisis de competencias y requerimientos del usuario</i> .....	29
3.2.5.3.	<i>Requerimientos técnicos</i> .....	30
3.2.5.4.	<i>Correlaciones</i> .....	31
3.2.5.5.	<i>Evaluación técnica</i> .....	32

3.2.5.6.	<i>Compromisos técnicos</i> .....	33
3.2.5.7.	<i>Casa de calidad</i> .....	34
3.2.5.8.	<i>Especificaciones técnicas</i> .....	36
3.3.	<b>Diseño Conceptual</b> .....	37
3.3.1.	<b>Análisis funcional</b> .....	37
3.3.1.1.	<i>Estructura funcional nivel 0</i> .....	37
3.3.1.2.	<i>Estructura funcional nivel 1</i> .....	37
3.3.1.3.	<i>Estructura funcional nivel 2</i> .....	38
3.3.2.	<b>Análisis modular</b> .....	39
3.3.2.1.	<i>Estructura funcional de identificación (EFI)</i> .....	39
3.3.2.2.	<i>Módulo estructural (EFI grado 1)</i> .....	39
3.3.2.3.	<i>Módulo de control (EFI grado 2)</i> .....	40
3.3.2.4.	<i>Módulo funcional (EFI grado 3)</i> .....	40
3.3.3.	<b>Matriz morfológica</b> .....	40
3.3.3.1.	<i>Módulo estructural (EFI grado 1)</i> .....	41
3.3.3.2.	<i>Módulo de control (EFI grado 2)</i> .....	42
3.3.3.3.	<i>Módulo funcional (EFI grado 3)</i> .....	42
3.3.4.	<b>Generación de alternativas</b> .....	43
3.3.4.1.	<i>Primera alternativa</i> .....	43
3.3.4.2.	<i>Segunda alternativa</i> .....	43
3.3.4.3.	<i>Tercera alternativa</i> .....	44
3.3.4.4.	<i>Cuarta alternativa</i> .....	44
3.3.5.	<b>Evaluación de alternativas por criterios ponderados</b> .....	45
3.3.5.1.	<i>Criterios de evaluación</i> .....	45
3.3.5.2.	<i>Tabla de evaluación de criterios</i> .....	45
3.3.5.3.	<i>Tabla de evaluación de la vida útil</i> .....	46
3.3.5.4.	<i>Tabla de evaluación del costo</i> .....	46
3.3.5.5.	<i>Tabla de evaluación de la versatilidad y eficiencia de secado</i> .....	46
3.3.5.6.	<i>Tabla de evaluación de la operabilidad</i> .....	46
3.3.5.7.	<i>Tabla de resultados para prioridad de alternativas solución</i> .....	47
3.3.6.	<b>Parámetros técnicos del equipo</b> .....	47
3.4.	<b>Diseño del deshidratador</b> .....	48
3.4.1.	<b>Condiciones climáticas</b> .....	48
3.5.	<b>Capacidad requerida y dimensionamiento de la cámara de deshidratación</b> .....	51

3.5.1.	<i>Capacidad requerida</i> .....	51
3.5.2.	<i>Dimensionamiento de la cámara de deshidratación</i> .....	52
3.5.3.	<i>Circulación del aire entre las bandejas en la cámara de deshidratación</i> .....	54
3.6.	<b>Fuente de calor</b> .....	56
3.7.	<b>Análisis del proceso al interior de la cámara</b> .....	60
3.7.1.	<i>Tiempo de secado</i> .....	60
3.7.2.	<i>Calor útil requerido para el proceso de deshidratación.</i> .....	64
3.8.	<b>Pérdida de calor en el deshidratador de frutas</b> .....	65
3.8.1.	<i>Cálculos de los coeficientes de transferencia de calor internos</i> .....	66
3.8.2.	<i>Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor externos</i> .....	67
3.9.	<b>Diseño de materialización del equipo</b> .....	69
3.9.1.	<i>Espesor de chapa metálica</i> .....	69
3.9.2.	<i>Parámetros para el plegado de chapa metálica</i> .....	70
3.9.2.1.	<i>Radio de plegado</i> .....	70
3.9.2.2.	<i>Desahogos en chapa metálica</i> .....	71
3.9.2.3.	<i>Doblados en chapa metálica</i> .....	71
3.9.3.	<i>Aislante térmico</i> .....	72
3.10.	<b>Diseño de materialización del soporte para el deshidratador de frutas</b> .....	72
3.10.1.	<i>Diseño de los apoyos planos para el equipo</i> .....	72
3.10.2.	<i>Diseño de las columnas por pandeo</i> .....	75
3.10.3.	<i>Diseño de las columnas por esfuerzo de compresión</i> .....	77
3.11.	<b>Automatización del deshidratador de frutas</b> .....	78
3.11.1.	<i>Estabilización de la temperatura de control LWPE</i> .....	80
3.12.	<b>Modelación 3D y obtención de planos de detalle del deshidratador de frutas</b> .....	81
3.13.	<b>Construcción del deshidratador de frutas</b> .....	81
3.13.1.	<i>Proceso de cortado</i> .....	82
3.13.2.	<i>El proceso de cortado en chapa metálica</i> .....	83
3.13.3.	<i>Proceso de soldadura</i> .....	83
3.13.4.	<i>Colocación de la fibra de vidrio</i> .....	84
3.13.5.	<i>Corte de la malla electrosoldada</i> .....	85
3.13.6.	<i>Tablero de control</i> .....	86

## CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	87
----	-------------------------	----

<b>4.1.</b>	<b>Validación del equipo mediante el método de elementos finitos</b> .....	87
<b>4.1.1.</b>	<i>Análisis térmico estacionario</i> .....	87
<b>4.2.</b>	<b>Validación del soporte por criterio de rigidez</b> .....	89
<b>4.3.</b>	<b>Protocolo de pruebas</b> .....	92
<b>4.3.1.</b>	<i>Necesidad y objetivos de evaluación</i> .....	92
<b>4.3.1.1.</b>	<i>Objetivo principal de evaluación</i> .....	92
<b>4.3.1.2.</b>	<i>Estabilidad del equipo y soporte</i> .....	93
<b>4.3.1.3.</b>	<i>Funcionamiento del módulo funcional y de control</i> .....	93
<b>4.3.1.4.</b>	<i>Sobrecalentamiento de la máquina</i> .....	93
<b>4.3.1.5.</b>	<i>Deshidratación de materia prima uniforme</i> .....	93
<b>4.3.2.</b>	<i>Características que requieren evaluarse</i> .....	93
<b>4.3.2.1.</b>	<i>Evaluación del módulo estructural</i> .....	93
<b>4.3.2.2.</b>	<i>Evaluación del módulo funcional</i> .....	93
<b>4.3.2.3.</b>	<i>Evaluación del módulo de control</i> .....	94
<b>4.3.3.</b>	<i>Validación del protocolo de pruebas</i> .....	94
<b>4.3.3.1.</b>	<i>Resultados del módulo estructural</i> .....	94
<b>4.3.3.2.</b>	<i>Resultados del módulo funcional</i> .....	95
<b>4.3.3.3.</b>	<i>Resultados del módulo de control</i> .....	96
<b>4.3.4.</b>	<i>Proceso de producción</i> .....	96
<b>4.4.</b>	<b>Análisis de costos</b> .....	102
<b>4.4.1.</b>	<i>Costos directos</i> .....	102
<b>4.4.1.1.</b>	<i>Costos de materiales</i> .....	103
<b>4.4.1.2.</b>	<i>Costos de equipos y herramientas</i> .....	104
<b>4.4.1.3.</b>	<i>Costos de mano de obra</i> .....	104
<b>4.4.1.4.</b>	<i>Transporte</i> .....	105
<b>4.4.1.5.</b>	<i>Costo directo total</i> .....	105
<b>4.4.2.</b>	<i>Costos indirectos</i> .....	105
<b>4.4.2.1.</b>	<i>Costo Ingenieril</i> .....	105
<b>4.4.2.2.</b>	<i>Costo indirecto total</i> .....	105
<b>4.4.3.</b>	<i>Costo total del deshidratador de frutas</i> .....	106
<b>4.5.</b>	<b>Manual de seguridad</b> .....	106
<b>4.6.</b>	<b>Plan de mantenimiento</b> .....	108
<b>4.6.1.</b>	<i>Hoja de datos técnicos</i> .....	108
<b>4.6.2.</b>	<i>Mantenimiento preventivo</i> .....	109

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>110</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>110</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Características vitamínicas de las frutas frescas y deshidratadas .....	5
<b>Tabla 2-2:</b>	Temperatura y tiempo de deshidratación de algunas frutas.....	8
<b>Tabla 3-1:</b>	Resultados de las encuestas de las necesidades del mercado. ....	23
<b>Tabla 3-2:</b>	Parámetros con mayor prioridad para .....	24
<b>Tabla 3-3:</b>	Voz del ingeniero.....	25
<b>Tabla 3-4:</b>	Comparación de las características de los competidores .....	27
<b>Tabla 3-5:</b>	Resultados del análisis de competencias .....	28
<b>Tabla 3-6:</b>	Necesidades del cliente .....	29
<b>Tabla 3-7:</b>	Importancia de las necesidades del cliente.....	30
<b>Tabla 3-8:</b>	Requerimientos técnicos con mayor prioridad para el diseño del equipo.....	31
<b>Tabla 3-9:</b>	Factor de incidencia.....	31
<b>Tabla 3-10:</b>	Requerimientos del cliente y requerimientos técnicos .....	32
<b>Tabla 3-11:</b>	Resultados para cada especificación técnica. ....	33
<b>Tabla 3-12:</b>	Módulo estructural (EFI grado 1) .....	39
<b>Tabla 3-13:</b>	Módulo de control (EFI grado 2) .....	40
<b>Tabla 3-14:</b>	Módulo funcional (EFI grado 3) .....	40
<b>Tabla 3-15:</b>	Módulo estructural (EFI grado 1) .....	41
<b>Tabla 3-16:</b>	Módulo de control (EFI grado 2) .....	42
<b>Tabla 3-17:</b>	Módulo funcional (EFI grado 3) .....	42
<b>Tabla 3-18:</b>	Generación de alternativas.....	43
<b>Tabla 3-19:</b>	Tabla de evaluación de criterios.....	45
<b>Tabla 3-20:</b>	Tabla de evaluación de la vida útil.....	46
<b>Tabla 3-21:</b>	Tabla de evaluación del costo. ....	46
<b>Tabla 3-22:</b>	Tabla de evaluación de la versatilidad y eficiencia de secado.....	46
<b>Tabla 3-23:</b>	Tabla de evaluación de la operabilidad .....	47
<b>Tabla 3-24:</b>	Tabla de resultados para la prioridad de las alternativas .....	47
<b>Tabla 3-25:</b>	Especificaciones técnicas del equipo .....	48
<b>Tabla 3-26:</b>	Presiones atmosféricas a varias alturas .....	49
<b>Tabla 3-27:</b>	Temperatura y humedad relativa promedio en la ciudad de Riobamba.....	50
<b>Tabla 3-28:</b>	Propiedades del aire a 19 °C .....	50
<b>Tabla 3-29:</b>	Propiedades del aire .....	51
<b>Tabla 3-30:</b>	Medias internas y externas del deshidratador.....	53
<b>Tabla 3-31:</b>	Características del motor GASTRO.....	55

<b>Tabla 3-32:</b> Dimensiones del motor marca GASTRO .....	56
<b>Tabla 3-33:</b> Dimensiones niquelinas .....	59
<b>Tabla 3-34:</b> Características de la niquelina marca MULTICOIL tipo A .....	60
<b>Tabla 3-35:</b> Propiedades del aire a 65°C .....	61
<b>Tabla 3-36:</b> Número de Reynolds para manzana, piña y banana .....	62
<b>Tabla 3-37:</b> Número de Nusselt para manzana, piña y banana .....	62
<b>Tabla 3-38:</b> Tasa de transferencia de calor para manzana, piña y banana .....	62
<b>Tabla 3-39:</b> Velocidad de secado .....	63
<b>Tabla 3-40:</b> Tiempo necesario para deshidratar las frutas .....	64
<b>Tabla 3-41:</b> Energía desprendida del producto .....	64
<b>Tabla 3-42:</b> Conductividad térmica y espesores de los materiales.....	66
<b>Tabla 3-43:</b> Propiedades del aire a temperatura de película .....	66
<b>Tabla 3-44:</b> Factor de fricción.....	67
<b>Tabla 3-45:</b> Número de Nusselt a distintas temperaturas de prueba .....	67
<b>Tabla 3-46:</b> Coeficiente de expansión térmica. ....	68
<b>Tabla 3-47:</b> Número de Grashof.....	68
<b>Tabla 3-48:</b> Número de Rayleigh .....	69
<b>Tabla 3-49:</b> Número de Nuselt.....	69
<b>Tabla 3-50:</b> Espesores recomendados de chapa metálica para diferentes materiales .....	70
<b>Tabla 3-51:</b> Espesores mínimos para aceros con diferentes resistencias a la tracción .....	71
<b>Tabla 4-1:</b> Valores estadísticos de la calidad de malla .....	88
<b>Tabla 4-2:</b> Valores de temperatura del equipo.....	88
<b>Tabla 4-3:</b> Parámetros a evaluar en el módulo estructural.....	93
<b>Tabla 4-4:</b> Parámetros a evaluar en el módulo funcional.....	93
<b>Tabla 4-5:</b> Parámetros a evaluar en el módulo de control.....	94
<b>Tabla 4-6:</b> Resultados de la evaluación del módulo estructural.....	94
<b>Tabla 4-7:</b> Resultados de la evaluación del módulo de control .....	95
<b>Tabla 4-8:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la piña a 100°C .....	97
<b>Tabla 4-9:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la piña a 80°C .....	97
<b>Tabla 4-10:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la piña a 65°C .....	97
<b>Tabla 4-11:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la manzana a 100°C .....	98
<b>Tabla 4-12:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la manzana a 80°C .....	99
<b>Tabla 4-13:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la manzana a 65°C .....	99
<b>Tabla 4-14:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la banana a 100°C .....	100
<b>Tabla 4-15:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la banana a 80°C .....	101
<b>Tabla 4-16:</b> Tiempo y masa de la deshidratación de la banana a 65°C .....	101

<b>Tabla 4-17:</b> Costo de materiales.....	103
<b>Tabla 4-18:</b> Costo de equipos y herramientas.....	104
<b>Tabla 4-19:</b> Costos de mano de obra .....	104
<b>Tabla 4-20:</b> Costos de transporte.....	105
<b>Tabla 4-21:</b> Costo directo total.....	105
<b>Tabla 4-22:</b> Costo indirecto total.....	105
<b>Tabla 4-23:</b> Costo total del deshidratador de frutas .....	106
<b>Tabla 4-24:</b> Consideraciones para el funcionamiento de un deshidratador de frutas .....	106
<b>Tabla 4-25:</b> Datasheet Deshidratador para frutas .....	108
<b>Tabla 4-26:</b> Mantenimiento preventivo del deshidratador eléctrico de frutas .....	109



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Proceso de deshidratación, .....	7
<b>Ilustración 2-2:</b>	Métodos de transferencia de calor. ....	10
<b>Ilustración 2-3:</b>	Conducción de calor. ....	11
<b>Ilustración 2-4:</b>	Convección.....	12
<b>Ilustración 2-5:</b>	Radiación. ....	13
<b>Ilustración 2-6:</b>	Experimentación del efecto Joule. ....	14
<b>Ilustración 2-7:</b>	Deshidratador de tolva.....	16
<b>Ilustración 2-8:</b>	Deshidratación de aspersión. ....	17
<b>Ilustración 2-9:</b>	Deshidratador rotativo. ....	18
<b>Ilustración 2-10:</b>	Deshidratador solar. ....	18
<b>Ilustración 2-11:</b>	Deshidratador de bandejas.....	19
<b>Ilustración 2-12:</b>	Termostato .....	20
<b>Ilustración 2-13:</b>	Control electrónico de temperatura .....	20
<b>Ilustración 2-14:</b>	Sensor de temperatura tipo infrarrojo .....	20
<b>Ilustración 2-15:</b>	Control de temperatura LWPE .....	21
<b>Ilustración 3-1:</b>	Importancia de los requerimientos del diseño. ....	24
<b>Ilustración 3-2:</b>	Relación de dependencia entre los parámetros técnicos .....	34
<b>Ilustración 3-3:</b>	Casa de la calidad para el deshidratador de frutas. ....	35
<b>Ilustración 3-4:</b>	Estructura funcional de nivel 0 para el deshidratador de frutas. ....	37
<b>Ilustración 3-5:</b>	Estructura funcional de nivel 1 para el deshidratador de frutas. ....	38
<b>Ilustración 3-6:</b>	Estructura funcional de nivel 2 para el deshidratador de frutas. ....	38
<b>Ilustración 3-7:</b>	Estructura funcional de nivel 3 para el deshidratador de frutas. ....	39
<b>Ilustración 3-8:</b>	Temperatura promedio en Riobamba 2022.....	50
<b>Ilustración 3-9:</b>	Estructura interna del deshidratador .....	53
<b>Ilustración 3-10:</b>	Circulación del aire entre bandejas.....	54
<b>Ilustración 3-11:</b>	Fuente de calor .....	57
<b>Ilustración 3-12:</b>	Distribución de niquelinas.....	59
<b>Ilustración 3-13:</b>	Representación del calor suministrado al producto. ....	61
<b>Ilustración 3-14:</b>	Circuito térmico de una pared .....	65
<b>Ilustración 3-15:</b>	Desahogos para el plegado de chapa metálica .....	71
<b>Ilustración 3-16:</b>	Tipos de dobladillos para el plegado de chapa metálica .....	72
<b>Ilustración 3-17:</b>	Terminales del control LWPE .....	78
<b>Ilustración 3-18:</b>	Esquema eléctrico para el tablero de control del deshidratador de frutas ....	79

<b>Ilustración 3-19:</b>	Estabilización de la temperatura del módulo de control LWPE.....	80
<b>Ilustración 3-20:</b>	Modelado deshidratador eléctrico para frutas.....	81
<b>Ilustración 3-21:</b>	Proceso de cortado de la chapa metálica. ....	82
<b>Ilustración 3-22:</b>	Proceso de cortado de la chapa metálica. ....	83
<b>Ilustración 3-23:</b>	Proceso de soldadura para la manufactura.....	84
<b>Ilustración 3-24:</b>	Colocación de la lana de vidrio. ....	85
<b>Ilustración 3-25:</b>	Corte de la malla electrosoldada.....	85
<b>Ilustración 3-26:</b>	Proceso de automatización. ....	86
<b>Ilustración 4-1:</b>	Mallado del modelo 3D.....	87
<b>Ilustración 4-2:</b>	Estadísticas de la calidad de malla .....	88
<b>Ilustración 4-3:</b>	Análisis estacionario para la temperatura de la cámara .....	89
<b>Ilustración 4-4:</b>	Análisis estacionario para la temperatura de la cámara .....	89
<b>Ilustración 4-5:</b>	Protocolo de pruebas .....	92
<b>Ilustración 4-6:</b>	Diminución de masa en función del tiempo de la piña deshidratada .....	98
<b>Ilustración 4-7:</b>	Diminución de masa en función del tiempo de la manzana deshidratada ..	100
<b>Ilustración 4-8:</b>	Diminución de masa en función del tiempo de la banana deshidratada. ....	102

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** PLTILLA DE LA ENCUESTA REALIZADA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DEL MERCADO
- ANEXO B:** RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DEL MERCADO.
- ANEXO C:** CATÁLOGO DE DESHIDRATADORES COMERCIALES KENTON
- ANEXO D:** PROFORMA PROPUESTA POR INOXIDABLES ÉLITE PARA UN DESHIDRATADOR DE FRUTAS DE 20 BANDEJAS
- ANEXO E:** TEMPORIZADOR CAMSCO AH3
- ANEXO F:** CONTROLADOR DE TIEMPO Y TEMPERATURA MARCA COEL MODELO LWPE
- ANEXO G:** PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA
- ANEXO H:** PROPIEDADES DEL AIRE A LA PRESIÓN DE 1 ATM
- ANEXO I:** MOTOR PARA VENTILADOR 200-240/346-415 V
- ANEXO J:** PARÁMETROS PARA LA MANUFACTURA DE NIQUELINAS TUBULARES POR LA EMPRESA MULTICOIL
- ANEXO K:** CONSTRUCCIÓN DEL DESHIDRATADOR DE FRUTAS
- ANEXO L:** PLANOS

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal diseñar y construir un deshidratador eléctrico de frutas para un sistema de producción agroindustrial empleando la metodología Quality Function Deployment (QFD) para evaluar las necesidades y prioridades del mercado acerca de los parámetros técnicos que requiere un deshidratador de frutas en el mercado contemporáneo, ofreciendo como la mejor alternativa un deshidratador eléctrico de frutas mediante convección forzada alimentado de una línea de 220 V con soportes de ruedas giratorias, bandejas con malla electrosoldada para una mejor transferencia de calor y un panel de control de fácil operación. Con estos parámetros se realizó el diseño térmico y de materialización del equipo donde mediante softwares de dibujo asistido por computadora (CAD) donde se diseñó la geometría del equipo con los parámetros y requerimientos obtenidos previamente para poder ofrecer los planos de detalle del equipo para su posterior manufactura donde una vez obtenido el equipo de manera física se realizaron pruebas de validación mediante el método de elementos finitos brindado por softwares de ingeniería asistida por computador para obtener la temperatura de las paredes y de la cámara del equipo, verificando que la temperatura se distribuye uniformemente y verificando que los perfiles seleccionados para el soporte del equipo están dentro de un rango de seguridad tanto en un criterio de resistencia y rigidez. Con los resultados obtenidos se elaboró el protocolo de pruebas respectivo a la máquina donde se evaluaron los parámetros más importantes del equipo, dando resultados satisfactorios. Se concluye que la metodología y el diseño empleado fueron adecuados ya que permitieron obtener un deshidratador de frutas con los parámetros deseados por el mercado corroborando su desempeño con buenos resultados. Se recomienda trabajar en el rango de temperaturas utilizado para obtener productos deshidratados de buena calidad.

**Palabras clave:** <DESHIDRATADOR ELÉCTRICO> <FRUTAS> <DISEÑO TÉRMICO> <DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)> <INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADOR (CAE)>

2134-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The main objective of this work was to design and build an electric fruit dehydrator for an agro-industrial production system using the Quality Function Deployment (QFD) methodology to evaluate the needs and priorities of the market regarding the technical parameters required by a fruit dehydrator in the contemporary market and offering as the best alternative an electric fruit dehydrator using forced convection powered by a 220 V line with rotating wheel supports, trays with electro-welded mesh for better heat transfer and an easy-to-operate control panel. With these parameters, the thermal and materialization design of the equipment was carried out using computer-aided drawing (CAD) software; the geometry of the equipment was designed with the parameters and requirements previously obtained in order to be able to offer detailed plans of the equipment for its subsequent manufacturing. Once the equipment was physically obtained, validation tests were carried out using the finite element method provided by computer-aided engineering software to get the temperature of the walls and the chamber of the equipment, verifying that the temperature is distributed uniformly and that the profiles selected to support the equipment are within a safety range both in terms of resistance and rigidity. With the results obtained, the respective testing protocol for the machine was developed, where the most critical parameters of the equipment were evaluated, giving satisfactory results. It is concluded that the methodology and design used were appropriate since they allowed us to obtain a fruit dehydrator with the parameters desired by the market, corroborating its performance with good results. It is recommended to work within the temperature range used to obtain good quality dehydrated products.

**Keywords:** <ELECTRIC DEHYDRATOR> <FRUITS> <THERMAL DESIGN>  
<COMPUTER AID DESIGN (CAD)> <COMPUTER AID ENGINEERING (CAE)>



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

## INTRODUCCIÓN

La deshidratación de frutas es un proceso que consiste en eliminar la mayor parte del agua contenida en ellas, con el fin de prolongar su vida útil y preservar sus nutrientes y características organolépticas. La importancia de la deshidratación de frutas radica en la posibilidad de conservarlas por más tiempo, lo que permite su consumo fuera de temporada y en lugares donde no se producen naturalmente.

Además, la deshidratación de frutas presenta numerosas ventajas en comparación con otros métodos de conservación, como la congelación o la conservación enlatada. En primer lugar, los frutos deshidratados ocupan menos espacio y tienen menor peso, lo que facilita su transporte y almacenamiento. Además, la deshidratación no requiere de ningún tipo de conservante químico, lo que la convierte en una opción más saludable y natural.

No obstante, para obtener un producto de calidad y con los nutrientes necesarios para una alimentación saludable, es fundamental mantener las propiedades originales de la fruta durante el proceso de deshidratación. Para lograr esto, se han desarrollado distintos tipos de secadores de frutas que emplean diversas fuentes de calor, como gas, energía solar y biomasa. En este caso particular, se ha optado por utilizar resistencias eléctricas en el prototipo de deshidratador de frutas. Con el objetivo de ofrecer una solución efectiva y viable, se ha propuesto el diseño y construcción de un prototipo de deshidratador de frutas con bandejas discontinuas y eléctrico. Este prototipo incluirá circulación forzada de aire para garantizar una deshidratación uniforme y eficiente de la fruta.

En definitiva, se presenta una alternativa para abordar el problema de la deshidratación de frutas, mediante el diseño y fabricación de un prototipo de deshidratador de frutas con resistencias eléctricas y circulación forzada de aire. Este prototipo busca preservar los nutrientes, carbohidratos, azúcares, vitaminas y otros compuestos esenciales para una vida saludable.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.**

#### **1.1. Antecedentes.**

En la actualidad, la deshidratación de frutas se ha vuelto cada vez más popular debido a la creciente demanda de alimentos saludables y convenientes. La deshidratación es una técnica de procesamiento de alimentos que elimina el agua de la fruta y, por lo tanto, prolonga su vida útil. Los productos deshidratados son ligeros, fáciles de almacenar y transportar, y se pueden utilizar en la elaboración de una amplia gama de productos alimenticios.

Por otro lado, en el ámbito científico, la deshidratación de frutas ha sido objeto de estudio durante mucho tiempo para mejorar la calidad del producto final y prolongar su vida útil. Se han utilizado diversas técnicas de deshidratación, como el secado al sol, la deshidratación por aire caliente y la liofilización. Cada método de deshidratación tiene sus ventajas y desventajas y la elección del método depende del tipo de fruta y del producto final deseado.

Además, la calidad del producto final también puede verse afectada por una serie de factores, como la temperatura, el tiempo de deshidratación y la humedad relativa. La temperatura y el tiempo de deshidratación son los dos factores más importantes que afectan la calidad del producto final. La elección de la temperatura y el tiempo adecuados de deshidratación es crucial para lograr la máxima retención de nutrientes y sabor, así como para evitar la degradación de la calidad del producto.

En este sentido, la investigación ha explorado diferentes factores que influyen en la calidad del producto final de frutas deshidratadas. Por ejemplo, se han llevado a cabo estudios sobre el efecto de diferentes tratamientos previos, como la adición de soluciones osmóticas, en la calidad y el rendimiento de la deshidratación de frutas. También se ha investigado el efecto del tipo de fruta y su madurez en la calidad del producto final.

En resumen, la deshidratación de frutas es un tema de interés científico y práctico debido a su amplia aplicación en la industria alimentaria y su potencial para reducir el desperdicio de alimentos. La comprensión de los factores que influyen en la calidad del producto final y la selección del método de deshidratación adecuado son importantes para maximizar la calidad y el rendimiento de las frutas deshidratadas.

#### **1.2. Planteamiento del problema.**

La creciente demanda de productos deshidratados y sus derivados ha llevado a la industria ecuatoriana a buscar nuevas herramientas y dispositivos para agregar valor a estos productos. La ciudad de Riobamba, debido a su posición geográfica estratégica, se presenta como un punto de agro industrialización ideal, donde se requiere de nuevas máquinas y herramientas que sean capaces de integrarse eficazmente en los sistemas de producción agroindustrial existentes y así innovar en el diseño y construcción de estos dispositivos.

El mercado actual presenta necesidades de seguridad, disponibilidad, facilidad de uso y precios estables de energía, dado que Ecuador no cuenta con una distribución de gas por tubería, sino por suministros en tanques de gas, hace que el uso de la energía eléctrica como fuente de alimentación energética para el deshidratador sea la óptima en su uso cotidiano.

El mercado actual busca hacer los equipos cada vez más compactos y con la misma o mayor capacidad, dependiendo del público objetivo al que se quiera llegar. No todos los sectores del mercado buscan la misma capacidad de producción, todo dependerá de sector industrial en el que se encuentren, sean pequeñas, medianas o grandes empresas. Abarcar una intersección entre mercados, supone una ventaja en el marco de competencias. Ecuador en los últimos años ha desarrollado un crecimiento significativo en las nuevas ideas de negocio, o, dicho de otra forma, nuevos emprendedores, esto se debe a la diversidad de sectores, el acceso a las nuevas tecnologías, pero principalmente a la lucha de los ecuatorianos por mejorar su estrato económico.

En este contexto, se ha propuesto el diseño y construcción de un deshidratador eléctrico de frutas con una capacidad de 20 bandejas. Este dispositivo será integrado en una planta de producción agroindustrial con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir los costos en la producción de productos deshidratados, ofreciendo así mayores ventajas de competitividad a la industria local. Con esta iniciativa, se busca satisfacer la creciente demanda de productos deshidratados y sus derivados, y fomentar el desarrollo de la industria agroindustrial en la región.

#### ***1.2.1. Justificación***

#### ***1.2.2. Justificación teórica***

Para la elaboración del deshidratado de frutas se requiere de un enfoque multidisciplinario en el cual se integren los conocimientos especializados en distintas áreas de la ingeniería, incluyendo la aplicación del método de elementos finito para el análisis de la estructura y comportamiento térmico lo que permitirá evaluar la resistencia y la distribución térmica, la termodinámica para el cálculo de los requerimientos energéticos, la electrónica para el sistema de control, y el diseño de equipos y elementos mecánicos para garantizar la seguridad y funcionalidad del deshidratador.

#### ***1.2.3. Justificación metodológica***

Se propone que para la creación del deshidratador de frutas se empleen los conocimientos mencionados previamente y se validen mediante el uso de software especializado para el diseño 2D y 3D, además de constar con un software que permita la validación de datos mediante el análisis de elementos finitos, estos programas permitirán la creación de un modelo virtual detallado y preciso que facilitará la manufactura del equipo. Para garantizar la eficacia y funcionalidad del deshidratador se seguirá un enfoque metodológico teórico-práctico que nos permitirá integrar la teoría y la práctica en cada etapa del proceso de diseño, construcción y pruebas del mismo. Este enfoque asegurará que el resultado final sea un deshidratador de frutas de alta calidad y eficiencia.



#### ***1.2.4. Justificación socioeconómica***

Este proyecto técnico tiene como finalidad impulsar la competitividad y el desarrollo de la pequeña y media industria alimentaria del país. Actualmente, la mayoría de los deshidratadores eléctricos son importados y su costo es elevado. Al aplicar los conocimientos adquiridos en la elaboración de este proyecto, se espera reducir costos y ofrecer un producto económico, confiable y eficiente, lo que contribuirá a mejorar la productividad y competitividad de la industria local.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Diseñar y construir un deshidratador eléctrico de frutas de 20 bandejas para un sistema de producción agroindustrial.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Determinar las especificaciones técnicas y dimensionamiento del deshidratador de acuerdo con las necesidades del mercado.
- Evaluar las diferentes alternativas para el sistema deshidratador, detallando la mejor opción conforme a las especificaciones del usuario.
- Describir las características principales y parámetros de diseño del deshidratador de frutas.
- Realizar un diseño de detalle de todos los componentes del deshidratador de frutas.
- Construir el deshidratador de frutas en base a la metodología planteada para el diseño.
- Evaluar los resultados de funcionamiento del deshidratador de frutas mediante las pruebas de funcionamiento para valorar la calidad del producto final.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Deshidratación

La deshidratación de alimentos es uno de los métodos más antiguos utilizados para la conservación de los mismos. Consiste en eliminar el agua libre en los alimentos evitando así la proliferación de microorganismo permitiendo la preservación de los alimentos (Microcuenca del Rio Citlalapa A.C, 2015). Puesto que permite eliminar alrededor de 90% del contenido de agua, dando como resultado la poca actividad enzimática de los microorganismos disminuya para el desarrollo en las frutas.

La conservación de alimentos mediante la deshidratación presenta ventajas nutricionales en comparación con otros métodos, ya que disminuya la pérdida de vitaminas en los alimentos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la temperatura utilizada en el proceso es un factor crítico en la conservación de nutrientes, ya que las altas temperaturas pueden causar la degradación de ciertas vitaminas y compuestos nutricionales, debido a que hay vitaminas esénciales a altas temperaturas y si no se supera los 45°C en la deshidratación se conserva la mayoría de los nutrientes (Bozalongo y Cubero, 2021). Por lo tanto, es esencial controlar cuidadosamente las condiciones de temperatura durante el proceso de deshidratación para minimizar la pérdida de nutrientes y mantener la calidad nutricional.

**Tabla 2-1:**Características vitamínicas de las frutas frescas y deshidratadas

FRUTA	Estado	Kcal/100g	Fibra (g)	Vit. C (mg)	Fe (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Manzana	Fresca	52	2.4	4.6	0.1	6	5
	Deshidratada	243	8.7	3.9	1.4	14	16
Durazno	Fresca	39	1.5	6.6	0.3	6	9
	Deshidratada	239	8.2	4.8	4.1	28	42
Ciruela	Fresca	46	1.4	9.5	0.2	6	7
	Deshidratada	339	7.1	0.6	3.5	72	64
Higos	Fresca	74	2.9	2	0.4	35	17
	Deshidratada	249	9.8	1.2	2	162	68
Albaricoque	Fresca	48	2	10	0.4	13	10
	Deshidratada	241	7.3	1	2.7	55	32
Uvas pasas	Fresca	69	0.9	10.8	0.4	10	7
	Deshidratada	296	6.8	5.4	2.6	28	30
Peras	Fresca	58	3.1	4.2	0.2	9	7
	Deshidratada	262	7.5	7	2.1	34	33
Plátano	Fresca	89	2.6	8.7	0.3	5	27
	Deshidratada	346	9.9	7	1.2	22	108

Fuente: Su, 2017

### **2.1.1. Ventajas de la deshidratación**

- Mayor duración de almacenamiento: la deshidratación prolonga la vida útil de las frutas en comparación con las frutas secas, debido a que el proceso de eliminación de agua impide el crecimiento de microorganismos.
- Conservación de nutrientes: la mayoría de los nutrientes en las frutas se mantiene después del proceso de deshidratación, lo que significa que se pueden disfrutar todos los beneficios nutricionales.
- Facilidad de transporte: las frutas deshidratadas son ligeras y compactas, lo que las hace fáciles de transportar y almacenar.
- Sabor intenso: al deshidratar frutas, se concentra su sabor lo que a menudo resulta en una experiencia de sabor más intenso y dulce.

### **2.1.2. Desventajas de la deshidratación**

- Pérdida de algunas vitaminas: a pesar de que la mayoría de los nutrientes se mantienen durante el proceso de deshidratación, algunas vitaminas, como la vitamina C, pueden disminuir.
- Textura y sabor diferente: las frutas deshidratadas pueden tener una textura diferente y un sabor más intenso y concentrado en comparación con las frutas frescas.
- Necesidades de equipo especializado: la deshidratación de frutas necesita de un equipo especializado como un deshidratador de alimentos o un horno con ventilación, lo que puede resultar costoso.
- Posible pérdida de agua: si las frutas no se deshidratan correctamente, pueden contener una pequeña cantidad de humedad, lo que aumenta el riesgo de que se estropeen rápidamente.

## **2.2. Actividades previas para la deshidratación**

### **2.2.1. Selección de la fruta**

Para el proceso de deshidratación de frutas, es necesario seleccionar frutas frescas en óptimo estado de madurez y con características similares en tamaño, con el fin de obtener rodajas uniformes. La selección adecuada de las frutas garantiza una calidad uniforme en el proceso de deshidratación, lo que a su vez atribuye a una mayor eficiencia en la producción.

### **2.2.2. Lavado de la fruta**

Para garantizar la calidad de la fruta elegida, se recomienda lavar cuidadosamente la superficie de esta con agua limpia, de manera que se eliminen todas las impurezas y residuos que puedan adherirse a la piel.

### **2.2.3. Cortado de la fruta**

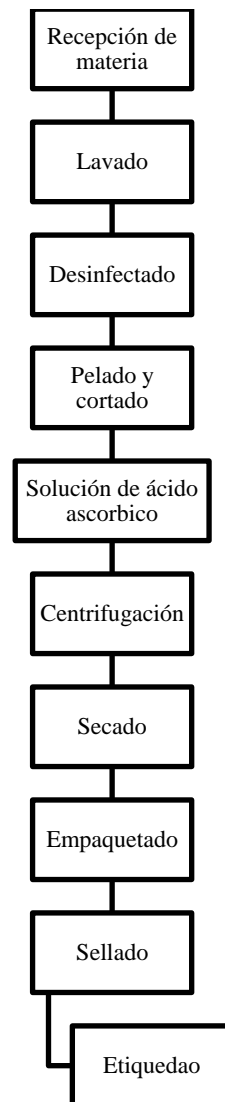
Después de la preparación de la fruta mediante el lavado y secado, se procede con el pelado y retirado de semillas en caso de ser necesario. Posteriormente, se realiza el corte de las muestras, la

uniformidad en el grosor de las rodajas es esencial para lograr una consistencia en el proceso de deshidratación en todas las muestras, esto garantiza una estandarización en la calidad de las muestras y evita variaciones en la textura del producto final.

### 2.3. Actividades después de la deshidratación

#### 2.3.1. Proceso de enfriamiento

Una vez concluido el proceso de deshidratación de las frutas, por el tiempo recomendado, se remueven las bandejas y se dejan reposar a temperatura ambiente para su posterior manipulación sin comprometer la calidad de las muestras.



**Ilustración 2-1:**Proceso de deshidratación.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 2.4. Temperaturas de deshidratación

La temperatura es un factor crucial en el proceso de deshidratación de frutas, ya que puede afectar a la calidad y a las propiedades nutricionales. Se ha observado que una temperatura demasiado alta

puede provocar pérdida de nutrientes y un sabor alterado en la fruta deshidratada. Por otro lado, una temperatura demasiado baja puede prolongar el tiempo de deshidratación y aumentar el riesgo de contaminación microbiana.

**Tabla 2-2:** Temperatura y tiempo de deshidratación de algunas frutas

Tipo de fruta	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
Piña	55-65	10-21
Manzana	55-65	5-12
Albaricoque	55-65	10-18
Plátano	55-65	8-12
Pera	55-65	8-12
Dátil	55-65	5-7
Higo	55-65	5-7
Mango	55-65	10-20
Naranja	55-65	8-20
Ciruela	55-65	10-18
Uva	55-65	12-21

Fuente: Cabrera, 2020

## 2.5. Leyes de la termodinámica y transferencia de energía

La termodinámica es la rama de la física que estudia la relación entre el calor, el trabajo y la energía, y se encarga de analizar el comportamiento de los sistemas que convierten un tipo de energía a otro. Una comprensión de la termodinámica es esencial en campos aplicados relacionados, como la física, la ingeniería y la química. En este trabajo investigativo se estudió los principios de la termodinámica y la transferencia de energía en forma de calor.

El estudio de la termodinámica está basado en cuatro principios, o en cuatro leyes, incluyendo la ley cero de la termodinámica, los cuales son:

- La primera ley de la termodinámica, también conocida como la ley de la conservación de la energía, la cual expone que la materia no se crea ni se destruye sino únicamente se transforma o se transfiere de una forma o a otra.
- La segunda ley de la termodinámica se relaciona con la entropía, un gradiente que nos ayuda a medir la diferencia entre un estado inicial y final de un sistema, de manera popular mide el desorden o el azar que hay en el sistema de estudio, en cualquier transferencia de energía o transformación la entropía de un sistema cerrado siempre se incrementará a lo largo del tiempo.

- La tercera ley de la termodinámica expuesta en el postulado de Nernst relaciona la entropía y la temperatura de un sistema, partiendo de la premisa que la entropía de un sistema termodinámico cristalino idóneo cuando alcanza los cero grados Kelvin, es una constante bien definida, es cero. Mientras que, para sustancias que no poseen configuraciones cristalinas perfectas, como todas las sustancias en el universo, hay muchas configuraciones moleculares por lo que la entropía no es cero para dichos casos, y por ende no se podrá alcanzar el cero absoluto.
- La ley cero de la termodinámica establece lo que se conoce como el concepto del equilibrio térmico, en el cual los objetos en contacto al cabo de un periodo de tiempo llegaran a la misma temperatura, una temperatura de equilibrio para todos los cuerpos, esta ley permite la creación de todas las escalas de temperatura que conocemos, y la medición misma de la temperatura.

La transferencia de energía es otro concepto que se debe abarcar para el entendimiento de los procesos que sufre la deshidratación de frutas.

La energía puede ser transferida entre varios sistemas ya sea por calor o trabajo. El trabajo es la transferencia de energía a través de un proceso mecánico el cual puede resultar positivo o negativo dependiendo de la dirección de las magnitudes vectoriales y desplazamientos, el trabajo también puede ser hecho por un agente externo o por el sistema en sí mismo y convertirlo posteriormente en otras formas de energía, como calor o energía potencial. (Cengel y Boles, 2015)

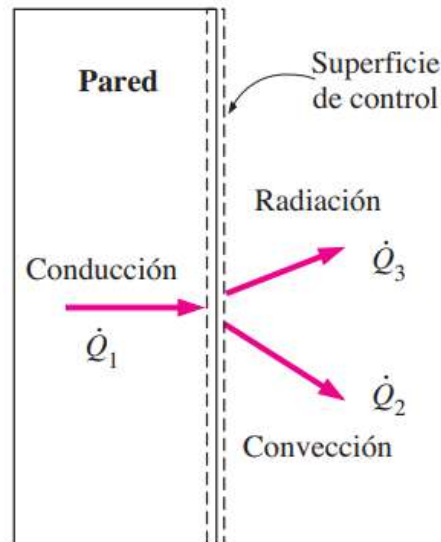
La forma de transferencia de energía en la que se ha hecho énfasis en este trabajo es el calor, la transferencia térmica de energía entre objetos que se encuentran a diferentes temperaturas, la transferencia de calor ocurre espontánea y naturalmente desde el objeto con más temperatura hacia el que tenga menor temperatura, hasta que los objetos en cuestión alcancen una temperatura de equilibrio. La tasa de transferencia de calor depende de varios factores como la diferencia de temperatura de los sistemas, la conductividad térmica de los materiales y la superficie o área de contacto de los mismo.

## **2.6. Transferencia de calor y sus formas**

La transferencia de calor es una rama de la física y una derivación muy importante en el estudio de la termodinámica que juega un papel crucial en muchos procesos industriales. Se refiere al intercambio de energía en forma de calor entre dos o más sistemas que se encuentren a diferentes temperaturas. Dentro de las formas en las que se puede transferir la energía en forma de calor, podemos encontrar los tres tipos: conducción, convección y radiación.

Los principios en los que se basa cada modo de transferencia de calor pueden explicarse mediante la ley de Fourier de la conducción del calor, la ley de Newton del enfriamiento y la ley de Stefan-Boltzmann de la radiación. La ley de Fourier de la conducción del calor establece que la velocidad de transferencia de calor a través de un material es proporcional al gradiente de temperatura,

mientras que la ley de Newton del enfriamiento establece que la velocidad de transferencia de calor entre una superficie con un espesor constante y un fluido es proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos. La ley de Stefan-Boltzmann de la radiación establece que la velocidad de transferencia de calor por radiación es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta y la emisividad del material.

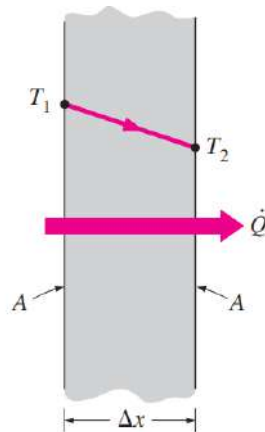


**Ilustración 2-2:** Métodos de transferencia de calor.

Fuente: Cengel y Ghajar, 2011

### 2.6.1. Conducción

La conducción es un modo de transferencia de calor a través de un material sólido sin desplazamiento neto del propio material. Este modo de transferencia de calor se produce cuando hay una diferencia de temperatura entre dos regiones de un material sólido. El calor se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura, siendo la velocidad de transferencia de calor proporcional al gradiente de temperatura. La conducción es responsable de la transferencia de calor en materiales como metales, cerámicas y polímeros. También es el modo de transferencia de calor que se utiliza en el diseño de disipadores de calor, que se utilizan para disipar el calor de los dispositivos electrónicos.



**Ilustración 2-3:** Conducción de calor.

Fuente: Cengel y Ghajar, 2011

El modelo matemático que describe la transferencia de calor por conducción viene dado por la Ley de Fourier, la cual establece que el flujo de calor es proporcional al gradiente negativo de temperatura y al área a través del material en un ángulo recto (Cengel y Ghajar, 2011).

$$\dot{Q} = -kA \frac{\Delta T}{x} \quad (1)$$

Donde:

$\dot{Q}$ : razón de transferencia de calor por conducción

$k$ : conductividad térmica del material

$A$ : área de la sección transversal

$\Delta T$ : diferencia de temperatura a través del material

$x$ : espesor de la pared

La ecuación anterior puede arreglarse de forma que podamos expresarla en forma de una ecuación diferencial, para su posterior separación de variable e integración para obtener finalmente una expresión que es razón de la conducción de calor a través de una pared plana, proporcional a la conductividad térmica del material, al área de la pared y a la diferencia de temperatura, pero inversamente proporcional al espesor de la pared.

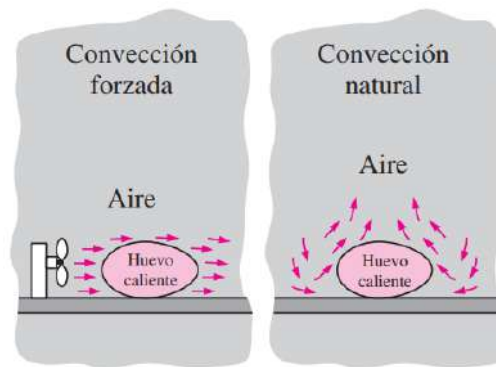
$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx}$$

### 2.6.2. Convección

La convección es la transferencia de energía térmica a través del movimiento de un fluido, como un gas o un líquido. Este modo de transferencia de calor se produce cuando hay una diferencia de temperatura entre dos regiones de un fluido, debido a las interacciones de sus movimientos macromoleculares y el transporte de energía por el movimiento macroscópico, es necesario que exista movimiento del fluido para hablar de convección, ya que, si el fluido se encuentra estático, estaríamos hablando de una situación de convección estática (Zohuri, 2017).



En términos de la naturaleza del movimiento del fluido, podemos catalogar en dos tipos a la convección. La convección puede ser natural, como en el caso de la circulación del aire debido a la diferencia de temperatura entre el suelo y la atmósfera, o puede ser forzada, como en el caso del uso de bombas para hacer circular el fluido en un intercambiador de calor. La convección se utiliza en el diseño de intercambiadores de calor, que se emplean para transferir calor entre dos fluidos que están a temperaturas diferentes.



**Ilustración 2-4:** Convección.

Fuente: Cengel y Ghajar, 2011

La convección es un fenómeno complejo, a pesar de ello, se observa de forma empírica que la tasa de transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y su ecuación matemática viene dada por la Ley de Enfriamiento de Newton (Holman, 2010).

$$\dot{Q} = hA_s(T_s - T_\infty) \quad ( 2 )$$

Donde:

$\dot{Q}$ : razón de transferencia de calor por convección

$h$ : coeficiente de transferencia de calor por convección

$A$ : área superficial por la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección

$T_s$ : Temperatura del material

$T_\infty$ : temperatura del fluido suficientemente alejado de la superficie

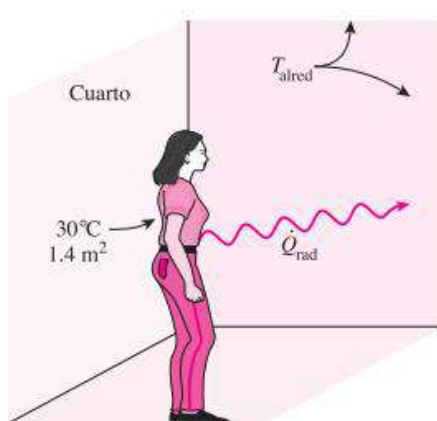
Hay que tener en cuenta que la transferencia de calor por convección dependerá de la viscosidad del fluido y de sus propiedades térmicas, debido a que la viscosidad afectará la velocidad de la tasa de transferencia de calor. (Holman, 2010)

### 2.6.3. Radiación

La radiación es la transferencia de energía térmica a través de ondas electromagnéticas o partículas, que pueden viajar por el vacío. Este modo de transferencia de calor se produce cuando un cuerpo emite radiación debido a su temperatura, y la radiación es absorbida por otro cuerpo. La radiación es responsable de la transferencia de calor en materiales como el vidrio, que es transparente a la luz visible pero opaco a la radiación infrarroja. También es el modo de transferencia de calor que se

utiliza en el diseño de los paneles solares, que convierten la energía de la luz solar en energía eléctrica.

Hay muchas fuentes de radiación ya sean naturales o artificiales, la radiación natural incluye la radiación cósmica del espacio exterior, materiales radioactivos, la corteza terrestre y algunos gases nobles como el radón, Mientras que la radiación artificial incluye equipo médico, plantas de energía y armas nucleares. La cantidad de radiación emitida por un objeto depende de su temperatura y de las propiedades de su superficie como se mencionó antes, objetos con una mayor temperatura, emiten una mayor radiación y aquellos con superficies más oscuras son mejores absorbiendo y emitiendo radiación que aquellas que poseen superficies más claras que son mejor emitiendo radiación. (10)



**Ilustración 2-5:**Radiación.

Fuente: Cengel y Ghajar, 2011

La intensidad de la radiación puede ser medida gracias a la ecuación de Stefan-Boltzmann, la cual establece que la tasa de transferencia de calor por radiación es igual a:

$$\dot{Q} = \varepsilon \sigma A T^4 \quad (3)$$

Donde:

$\dot{Q}$ : razón de transferencia de calor por radiación

$\varepsilon$ : emisividad del objeto

$\sigma$ : constante de Stefan-Boltzmann  $(5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4})$

$A$ : superficie del objeto en la cual se tiene transferencia de calor por radiación

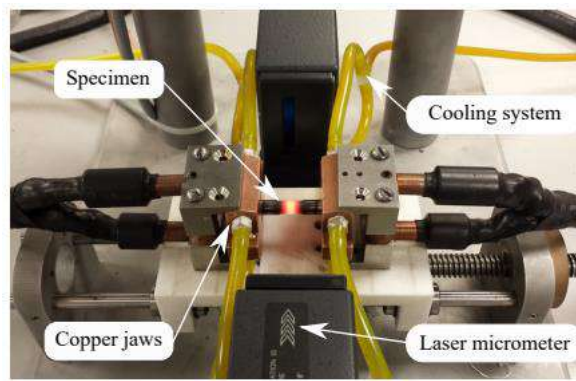
$T$ : temperatura del sistema

La aplicación de la ecuación de la transferencia de calor por radiación de Stefan-Boltzmann es muy importante en varios campos científicos e industriales, usando dicha ecuación se puede calcular la tasa de transferencia de calor de cuerpos con diferentes emisividades. Cabe resaltar que tanto la convección como la radiación no están en contacto con el objeto al cual se transfiere energía, sin embargo, la diferencia entre ambos es que la radiación se puede propagar en el vacío mientras que la convección necesita un medio.

## 2.7. Efecto Joule

El efecto Joule, también conocido como calentamiento resistivo, es un fenómeno físico descubierto por el físico James Prescott Joule a mediados del siglo 19, en el cual la energía eléctrica se transforma en calor cuando la corriente viaja a través de un conductor, dando origen a un sinnúmero de importantes aplicaciones en el ámbito industrial y científico.

El efecto Joule se produce por la interacción de una resistencia eléctrica, la corriente eléctrica y la disipación de calor. De acuerdo con la ley de Ohm, el flujo de corriente de un conductor es inversamente proporcional a su resistencia y directamente proporcional al voltaje aplicado a través de él. Por ejemplo, un material resistivo, como un cable o una resistencia, genera calor cuando una corriente pasa a través de él porque los electrones en movimiento chocan con los átomos o moléculas de la sustancia y transfieren su energía a la estructura reticular. (Herrejón-Escutia et al., 2017)



**Ilustración 2-6:** Experimentación del efecto Joule.

**Fuente:** Herrejón-Escutia et al., 2017

En un deshidratador eléctrico típico, las niquelinas o resistencias eléctricas son las responsables de producir el calor necesario para secarlas. Esta pieza de calor está compuesta por un hilo de aleación de alta resistencia. Cuando el deshidratador se activa, un flujo eléctrico pasa por esta bobina y, cuando el flujo se encuentra con resistencia, libera calor durante el proceso. El calor producido luego se transmite al aire circundante a través de la convección, que se extiende al cilindro que contiene la materia prima húmeda. Así, el aire caliente absorbe la humedad de la materia prima húmeda repitiendo el ciclo hasta que toda la materia prima esté bajo un 12% de porcentaje de humedad.

Las aplicaciones del efecto Joule son muy variadas como se ven a continuación:

- Calefacción eléctrica
- Iluminación incandescente
- Soldadura eléctrica
- Dispositivos termoeléctricos

## **2.8. Humedad**

En nuestro planeta Tierra el agua es uno de los componentes esenciales de todos los organismos vivos, la biósfera, así como la mayoría de los materiales utilizados por las personas. Incluso pequeñas cantidades de agua pueden afectar drásticamente las propiedades físicas, químicas, mecánicas y tecnológicas de materiales naturales o artificiales. La medición precisa y confiable del contenido de agua en diferentes entornos y materiales es un requisito previo importante para una variedad de procesos industriales, dentro de la conservación de alimentos y también pueden proporcionar una alternativa ventajosa a la técnica analítica de laboratorio, por lo que los sensores de humedad se utilizan en diversas áreas de la actividad humana (Blank y et al., 2016).

La humedad relativa o humedad absoluta es una forma de precisar la cantidad de vapor de agua en el aire, también se la conoce como razón de humedad, es un concepto muy importante que se debe conocer para muchos procesos industriales como la conservación de alimentos, el cual es el objetivo de este trabajo, conseguir frutos deshidratados para el consumo humano, ya que al reducir el porcentaje de humedad dentro de la fruta se reduce el número de bacterias las cuales dañan la fruta, además de quitar la oxidación presente en las frutas la cual da el color marrón característico cuando se deja la pulpa de la fruta al aire libre.

La temperatura de secado, la velocidad del aire y el grosor del objeto durante el secado por aire caliente suelen tener una influencia significativa en la cinética de secado y los atributos de calidad de frutas y verduras. Sin embargo, bajo una temperatura constante de secado, a menudo se ignora la influencia de la humedad relativa (HR) del aire caliente en la transferencia de calor y masa durante el secado. Por lo general, la humedad relativa se controla aproximadamente en función de la experiencia. Por lo tanto, es necesario resumir y revelar el mecanismo de influencia de la humedad relativa del medio de secado en la cinética de secado y la calidad de frutas y verduras.(13) . Al reducir la humedad o el contenido de agua dentro de la fruta produce productos con índice glucémico bajo o moderado (IG) con alto contenido calórico, vitamínico y mineral, aparte de conservar mucho mejor al producto.

## **2.9. Tipos de deshidratación que se usan en frutas**

A lo largo de la historia de la humanidad podemos encontrar dos tipos de secado que se ha venido utilizando, tanto artificialmente como naturalmente, sin embargo, se puede subdividir en cuatro tipos de secado:

- Deshidratación artificial: mediante equipos contruidos por el hombre que usen aportes de energía ya sea eléctrica o mediante combustibles fósiles como el gas licuado de petróleo (GLP).
- Deshidratación solar: es un proceso antiguo que la humanidad ha implementado en su mayoría de tiempo antes de la revolución industrial, el cual consiste en dejar a las frutas en

una superficie de secado, cubiertas por un material transparente para evitar que le llegue un contaminante o polvo.

- Liofilización: es un proceso que consiste en congelar los productos para luego realizar el proceso de sublimación del contenido de agua o humedad de un alimento reduciendo drásticamente la posibilidad de arrastrar alguna sustancia o dañar la integridad del producto
- Deshidratación osmótica: consiste en sumergir las frutas en una solución acuosa azucarada o salina que tenga una presión osmótica mayor que de la del alimento, ya que así el agua pasa de la fruta a la solución reduciendo su humedad. Aun así, no es la mejor opción si se requiere una deshidratación óptima para la preservación del alimento ya que no reduciría por completo su contenido de humedad dando lugar a la proliferación de organismos. Es una muy buena opción para el sector camaronero, cafetero y carnes en general.

## **2.10. Tipos de deshidratadores**

Dentro de la deshidratación artificial que es la que compete al presente trabajo, podemos encontrar varias opciones. En el siguiente capítulo se abarcó la metodología QFD para determinar y justificar el tipo de deshidratador que se implementó en este trabajo. Por ahora, se explicará los tipos de deshidratadores más comunes que se pueden encontrar en el mercado.

### **2.10.1. Deshidratador de silo o tolva**

También se lo conoce como deshidratador de torre ya que en modelos antiguos se tiene una gran altura, son deshidratadores ocupados décadas atrás por su sencillo funcionamiento en algunos casos. Actualmente en la industria su modelo se ha compactado, constan de una tolva de secado la cual presenta perforaciones en la parte baja y por los cuales el aire caliente circula hacia las frutas que se desean secar, su uso se enfoca más en los granos como el maíz, mostrando una gran eficiencia y capacidad de secado. (Murillo, 2007)



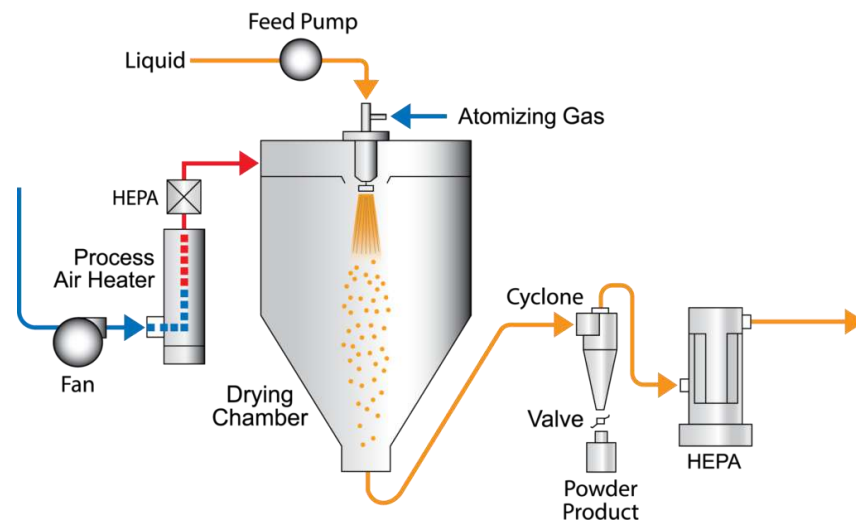
**Ilustración 2-7:** Deshidratador de tolva.

Fuente: SINTD, 2023

### 2.10.2. Deshidratador de aspersión

La característica principal que posee este tipo de deshidratador es el poco tiempo de contacto entre las frutas y el aire caliente. Entre sus aplicaciones destacan productos como la leche o algunos líquidos para transformarlos en polvo en tan solo algunos segundos.

Este tipo de secador ofrece algunas ventajas en algunas sustancias que son susceptibles a sufrir decoloraciones, oxidaciones, pérdidas de aroma o desnaturalización proteica al calentarlos durante largos períodos de tiempo (Murillo, 2007).



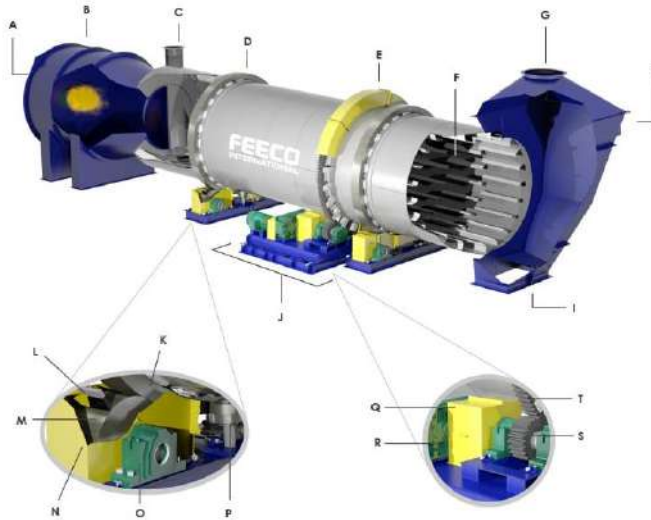
**Ilustración 2-8:** Deshidratación de aspersión.

Fuente: FREUND VECTOR, 2023

### 2.10.3. Deshidratador rotativo

Un secador rotatorio es un secador industrial que se utiliza para reducir o minimizar el contenido de humedad líquida del material que se procesa al ponerlo en contacto directo con un gas calentado. El deshidratador consta de un gran tubo cilíndrico giratorio, generalmente sostenido por columnas de hormigón o vigas de acero. El deshidratador tiene una ligera pendiente, de modo que el extremo de salida está más bajo que el extremo de alimentación, de modo que el material pasa a través de la secadora por gravedad. El material para secar ingresa al secador y, a medida que gira, el material es levantado por una serie de aletas internas ubicadas en la pared interna del deshidratador. Cuando el material alcanza la altura suficiente para rodar sobre las aletas, vuelve a caer al fondo de la secadora y pasa a través de la corriente de gas caliente a medida que cae. Este flujo de gas puede moverse hacia el extremo de salida desde el extremo de alimentación (conocido como flujo a favor de la corriente) o hacia el extremo de alimentación desde el extremo de descarga (conocido como flujo a contracorriente). La corriente de aire puede consistir en una mezcla de aire y gases de combustión del quemador, en cuyo caso el deshidratador se denomina secador de calor directo.

Mechanical Construction of a  
**ROTARY DRYER**



**Ilustración 2-9:** Deshidratador rotativo.

Fuente: Feeco, 2023

#### 2.10.4. *Deshidratador solar*

Es muy importante poder diferenciar el secado solar a la deshidratación solar, ya que uno es un proceso de secado natural, mientras que el segundo usa como fuente de energía el sol para su posterior transformación energética, utilizando una ventilación adecuada para facilitar el movimiento del aire caliente a través de las frutas, este proceso tiene entre 20 a 30 grados Celsius más que el método tradicional del secado solar (Báez, 2011).

Consiste en algunos paneles solares con una cabina de secado que proteja a los productos de cualquier agente que pueda dañar la calidad del producto, este proceso industrial utilizado en muchos países como medida ecológica para el medio ambiente, evitando el uso de fuente hidroeléctricas o de hidrocarburos que liberen dióxido de carbono al ambiente.



**Ilustración 2-10:** Deshidratador solar.

Fuente: Indiamart, 2011



### **2.10.5. Deshidratador de bandejas**

En este tipo de secadores, el alimento se coloca sobre bandejas perforadas que permiten el paso del aire. Estas bandejas se sitúan dentro de armarios que generan un flujo de aire caliente, cuya humedad y temperatura son controladas. Es importante que el aire circule de manera uniforme. Existe una variante de este modelo en la que las bandejas se colocan dentro de un túnel, manteniendo las mismas condiciones de secado. Este sistema semicontinuo es mucho más largo y aumenta la capacidad de los secadores. Esta variante es especialmente adecuada para el secado de alimentos a bajas temperaturas y con un proceso lento (Murillo, 2007).



**Ilustración 2-11:** Deshidratador de bandejas.

**Fuente:** Invation, 2019

### **2.11. Control de temperatura**

El control de la temperatura es un aspecto crucial de cualquier máquina secadora, ya que garantiza que las frutas que se están secando no se dañen ni se sequen en exceso. A continuación, se presenta los diferentes métodos utilizados para el control de temperatura en los hornos secadores, sus ventajas y desventajas, y los factores que afectan la selección del método de control de temperatura adecuado.

Uno de los métodos más comunes utilizados para el control de temperatura en las máquinas secadoras son los termostatos. Los termostatos son dispositivos que detectan la temperatura del aire dentro del deshidratador y encienden o apagan el elemento calefactor para mantener una temperatura deseada. Son relativamente económicos y confiables, y se encuentran en la mayoría de las máquinas secadoras convencionales. Sin embargo, es importante que se calibre el control de humedad y punto de rocío de manera correcta, especialmente para aplicaciones que requieran mucha precisión de las variables como por ejemplo en un laboratorio.





**Ilustración 2-12:** Termostato

Fuente: AROL, 2022

Un método más moderno para el control de temperatura en las máquinas secadoras es la aplicación de un sistema de control electrónico. Los sistemas de control electrónico utilizan sensores para monitorear la temperatura del aire dentro de la secadora y ajustar el elemento calefactor en consecuencia. Son más precisos que los termostatos y se pueden programar para secar los artículos hasta un nivel específico de sequedad. Sin embargo, son más costosos que los termostatos y pueden ser más difíciles de reparar si fallan.



**Ilustración 2-13:** Control electrónico de temperatura

Fuente: CAMFOSS, 2023

Un método mucho más costoso para el control de temperatura en las máquinas secadoras son los sensores infrarrojos. Los sensores infrarrojos miden la temperatura de los objetos que se están secando y ajustan automáticamente las variables a controlar. Son muy precisos y pueden secar los artículos hasta un nivel específico de sequedad independientemente de la temperatura ambiente o la humedad. Sin embargo, son muy costosos y no se encuentran comúnmente en las máquinas secadoras convencionales.



**Ilustración 2-14:** Sensor de temperatura tipo infrarrojo

Fuente: Logicbus, 2019

La selección del método de control de temperatura adecuado para una máquina secadora depende de varios factores, como el tipo de artículos que se están secando, el nivel de sequedad deseado, la facilidad de uso que se quiera para el equipo y sobre todo el presupuesto para la máquina deshidratadora. Por ejemplo, si los artículos que se están secando son delicados o costosos, puede ser necesario un sistema de control electrónico o un sensor infrarrojo para evitar daños o secado excesivo. Si los artículos que se están secando son relativamente robustos o el presupuesto para la máquina secadora es limitado, un termostato puede ser suficiente.

Para el presente trabajo se utilizó un módulo de control de temperatura digital, ya que, aunque pueda ser más costoso, presenta una mayor facilidad al momento de controlar y visualizar la temperatura. El módulo seleccionado en el mercado fue de la empresa COEL, el modelo LWPE.



**Ilustración 2-15:** Control de temperatura LWPE

**Fuente:** COEL, 2015

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Metodología del diseño

Para poder encontrar la mejor alternativa del equipo propuesto se ha implementado la metodología de diseño QFD (Quality Function Deployment) con ella se han obtenido los requerimientos del equipo, transformando la voz del usuario en voz del ingeniero. Obteniendo diferentes alternativas para el diseño y construcción del deshidratador, y obtener la mejor opción para la satisfacción del cliente cumpliendo con el desarrollo integral del producto.

#### 3.2. Definición del producto

##### 3.2.1. *Requerimientos del cliente*

Se ha llevado a cabo una encuesta tipo ficha técnica orientada a usuarios que necesiten de este tipo de equipos para mejorar e innovar su producción, con el objetivo de determinar los requerimientos necesarios para un mejor análisis en el desarrollo del producto.

De la encuesta realizada que se encuentra en el anexo B del presente trabajo, se detallan los requerimientos del equipo separándolos con los que infieran para el diseño, a partir de las necesidades que tienen diferentes empresas, en donde se identificaron los siguientes puntos a tratar:

- Fácil de usar
- Buena eficiencia energética
- Versatilidad para todo tipo de fruta
- Que sea segura
- Buena capacidad
- Duradera
- Repuestos de fácil acceso
- Controlar fácilmente la temperatura
- Económica
- Fácil de transportarlo y montarlo
- Fácil de reparar
- Que no estorbe

##### 3.2.2. *Voz del usuario*

Una vez obtenidos los requerimientos establecidos previamente a través de las encuestas, es importante identificar los datos que sean relevantes para establecer criterios de importancia, determinando así las necesidades del mercado, y obtener los parámetros y características esenciales del equipo para su diseño y construcción. Tomando en cuenta los requerimientos que tengan mayor relevancia y plasmarlos en el diseño para mejorar la demanda en el mercado.

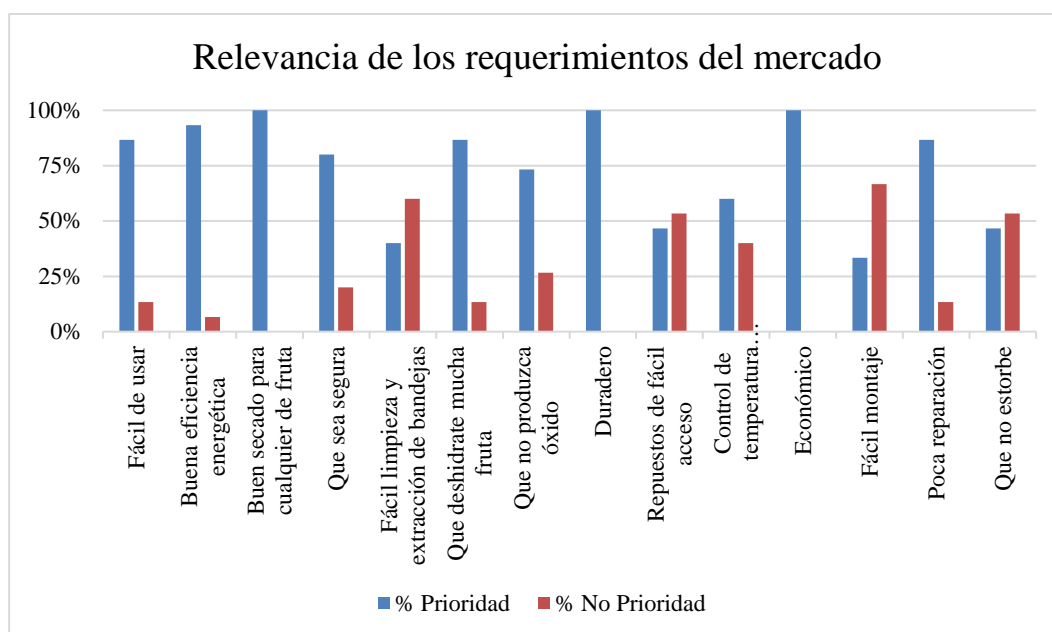
**Tabla 3-1:** Resultados de las encuestas de las necesidades del mercado.

N	Parámetro	Muy importante	Importante	Neutral	Poco importante	Irrelevante	% Prioridad	% No Prioridad
1	Fácil de usar	11	2	2	0	0	86.67%	13%
2	Buena eficiencia energética	8	6	1	0	0	93.33%	7%
3	Buen secado para cualquier fruta	9	6	0	0	0	100.00%	0%
4	Que sea segura	9	3	3	0	0	80.00%	20%
5	Fácil limpieza y extracción de bandejas	3	3	4	5	0	40.00%	60%
6	Que deshidrate mucha fruta	8	5	2	0	0	86.67%	13%
7	Que no produzca óxido	9	2	4	0	0	73.33%	26.67%
8	Duradero	6	9	0	0	0	100.00%	0%
9	Repuestos de fácil acceso	4	3	5	3	0	46.67%	53%
10	Fácil cambio de temperatura	2	7	4	2	0	60.00%	40%
11	Económico	11	4	0	0	0	100.00%	0%
12	Fácil montaje	3	2	9	1	0	33.33%	67%
13	Poca reparación	3	10	2	0	0	86.67%	13%
14	Que no estorbe	2	5	8	0	0	46.67%	53%

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Una vez obtenidos los resultados de las encuestas se procedió con la separación de cada característica del equipo catalogándola como “Prioridad” y “No prioridad” para poder realizar la casa de la calidad, en la cual tomaremos en cuenta al nivel de “Muy importante” e “Importante” de la encuesta como un nivel prioritario, y el resto “Neutral”, “Poco importante” e “Irrelevante” como

un nivel no prioritario, para obtener los parámetros o características que tengan una ponderación más fuerte en comparación de las otras tomando en cuenta si superan el cincuenta por ciento (50%) de prioridad.



**Ilustración 3-1:** Importancia de los requerimientos del diseño.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Una vez realizado la separación de prioridades, tomaremos en cuenta las características que posean una prioridad mayor al cincuenta por ciento (50%), obteniendo así diez características más relevantes en el diseño y construcción del deshidratador de frutas, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 3-2:** Parámetros con mayor prioridad para el diseño del equipo.

N°	Voz del usuario
1	Facilidad de uso
2	Buena eficiencia energética
3	Buen secado para cualquier fruta
4	Seguridad
5	Que deshidrate mucha fruta
6	Que no produzca óxido
7	Duradero
8	Económico
9	Fácil cambio de temperatura
10	Poca reparación

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.2.3. Voz del ingeniero

En base al despliegue de la casa de la calidad analizado en la sección anterior, se ha determinado que las especificaciones técnicas del producto son:

**Tabla 3-3: Voz del ingeniero**

<b>N°</b>	<b>Voz del ingeniero</b>
<b>1</b>	Operabilidad
<b>2</b>	Potencia
<b>3</b>	Versatilidad y eficiencia térmica
<b>4</b>	Seguridad del usuario
<b>5</b>	Capacidad/Volumen de trabajo
<b>6</b>	Materiales anticorrosivos
<b>7</b>	Tiempo de vida
<b>8</b>	Costo máximo
<b>9</b>	Control de temperatura sencillo
<b>10</b>	Mantenimiento

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### **3.2.4. Análisis de competencias**

En un mercado global cada vez más competitivo, la calidad del producto y la satisfacción del cliente se han convertido en factores cruciales para el éxito de cualquier organización. Para alcanzar y mantener altos niveles de calidad, es fundamental comprender las necesidades y expectativas del cliente, así como las capacidades internas de la empresa.

El necesario realizar un análisis de competencias para poder obtener los productos ya existentes en el mercado y poder crear un equipo que pueda competir con las características ya existentes. Para poder realizar un análisis de competencias eficiente, primero se identificó las necesidades del cliente identificando así las competencias clave ya existentes en el mercado internacional y el mercado regional y poder observar la brecha existente entre los equipos que ya se encuentran en el mercado y el equipo en desarrollo, igualando o mejorando las características del equipo. Es por ello por lo que, para el análisis de competencias, se ha llevado a cabo la siguiente comparativa entre 2 opciones que existen actualmente en el mercado de deshidratadores industriales, la primera opción es un equipo fuera de la región, contemplando el mercado internacional, de la empresa Kenton Apparatus Ltd., en China, mientras que la segunda opción es de una empresa sudamericana, en Ecuador, Inoxidables Élite, valorando así el mercado regional. Usaremos los equipos propuestos por ambas empresas para compararlos con el equipo presentado en el presente trabajo, aislando las características más importantes en un deshidratador de frutas.

#### **3.2.4.1. Kenton Apparatus Ltd: deshidratador industrial de frutas modelo KYS-120AS**

La empresa proveniente de China, Kenton, brinda servicios especializados en la construcción y distribución de equipos térmicos y equipos de laboratorio. Entre sus productos se incluyen hornos de secado, incubadoras, cámaras de alta temperatura, hornos de mufla, hornos de aire, hornos de vacío, entre otros. Han producido cerca de 20 mil equipos al año, con una tasa de crecimiento anual del 20%. El modelo KYS-120AS es recomendado para industrias enfocadas en la deshidratación y secado e industrias de producción como la industria de galvanoplastia, la industria electrónica, el goteo de joyas de aleación, la industria alimentaria y de plásticos, la industria del cuero, el hardware

y otras aplicaciones, pero no para objetos fuertemente volátiles, inflamables y explosivos para evitar explosiones.



- Tipo: eléctrico
- Material: acero inoxidable
- Dimensiones interiores (área de trabajo): 1200x840x630 mm
- Dimensiones exteriores: 1910x1330x820 mm
- Voltaje: 380 V
- Potencia: 7.2 kW
- Control de temperatura: digital
- Rango de temperatura: T. ambiente - 150 °C
- Tolerancia de temperatura:  $\pm 0.5$  °C
- Tipo de bandeja: chapa perforada
- Número de bandejas: 20
- Costo del equipo: 1800 USD
- Costo de la importación (Courier, impuestos y aranceles aduaneros): 915 USD

#### 3.2.4.2. *Inoxidables élite: deshidratador de 20 bandejas*

La empresa ecuatoriana Inoxidables Élite, se caracteriza por la construcción de equipos industriales en acero inoxidable para la industria láctea, de harinas, frutas, etc. Dentro de sus productos podemos encontrar ollas pasteurizadoras, calderas a vapor, cocinas, hornos clásicos, hornos de convección forzada, entre otros. La empresa ubicada en la ciudad de Riobamba al no poseer fichas técnicas para sus equipos, se adjuntó la proforma para la construcción del deshidratador de capacidad de 20 bandejas en el anexo D

- Tipo: eléctrico
- Dimensiones interiores (área de trabajo): 1800x800x700 mm
- Dimensiones exteriores (aproximado): 2050x1150x1000 mm
- Material: acero inoxidable
- Voltaje: 110/220 V
- Potencia: 4 kW
- Control de temperatura: digital
- Rango de temperatura: T. ambiente - 200 °C
- Tolerancia de temperatura:  $\pm 1$  °C
- Tipo de bandeja: malla electrosoldada
- Número de bandejas: 20
- Costo del equipo: 3100 USD
- Costo de la importación (Courier, impuestos y aranceles aduaneros): 0 USD

**Tabla 3-4:** Comparación de las características de los competidores

Marca	Kenton Apparatus Ltd.	Inoxidables Élite
Ilustración		
Tipo	Eléctrico	Eléctrico
Material	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Dimensiones interiores (área de trabajo)	1200x840x630 mm	1800x800x700 mm
Dimensiones exteriores	1910x1330x820 mm	2050x1150x1000 mm
Voltaje	380 V	110/220 V
Potencia	7.2 kW	4 kW
Control de temperatura	Digital	Digital
Rango de temperatura	T. ambiente ~ 150 °C	T. ambiente ~ 200 °C
Tolerancia de temperatura	± 0.5 °C	± 1 °C
Número de bandejas	20	20
Costo del equipo	1970 USD	2850 USD
Costo de la importación	915 USD	0 USD

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Como se puede observar, en los diferentes equipos tomados para la comparativa, poseen diferentes características en su funcionamiento, desde la funcionalidad, operatividad o en la facilidad de adquirir el producto.

Es importante aislar los aspectos más importantes que hayan destacado en el análisis de competencias realizado, para observar las fortalezas y debilidades que existen en cada una de las opciones.

A continuación, se acotarán los aspectos generales más relevantes en cuanto a cada equipo se refiere, tomando la alimentación, mantenibilidad, operabilidad, forma de obtener el equipo y el costo total para la adquisición del equipo.



**Tabla 3-5:** Resultados del análisis de competencias

	Alimentación	Mantenibilidad	Operabilidad	Obtención	Costo
Kenton Apparatus Ltd.: modelo KYS-120AS	El modelo requiere una línea de 380V, puede presentar dificultad al momento de la instalación.	Al ser una máquina importada, el mantenimiento que se le pueda dar será por terceros, aun así, al no ser una máquina compleja, se puede encontrar algunos repuestos con facilidad	Su operabilidad es sencilla dado que presenta un manual con instrucciones en inglés, además de ser intuitiva desde el panel de control de temperatura.	La facilidad de importación del equipo puede resultar bastante difícil dado que se adquiere el equipo desde China, y tendrá que pasar por las regulaciones aduaneras del país.	El costo del equipo gana en cuanto a la competencia debido a su relación calidad precio. Sin embargo, el costo de la importación y Courier niega dicha ventaja.
Inoxidables Élite: deshidratador de 20 bandejas	La empresa ecuatoriana Inoxidables Élite, trabaja de acuerdo con la disposición que exista en la alimentación disponible en cada empresa.	Al ser una empresa ecuatoriana, gozar de la garantía, repuestos y mantenimiento proporcionados por la misma empresa después de una evaluación del funcionamiento, es más factible al ser una empresa nacional	La operabilidad del equipo será guiada de acuerdo con la misma empresa que guíe el correcto uso del equipo.	Se deberá realizar la correcta importación del equipo para declararlo en las aduanas del Ecuador.	Al ser un equipo obtenido en el Ecuador, el costo de Courier e importación es nulo, pero dicha ventaja se anula por su alto costo.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Como observamos en la tabla existen algunos aspectos que afectan a nuestro producto que no específicamente son la capacidad y funcionamiento por lo que estos factores también se deben analizar a la hora de tomar decisiones o mejorar diseños.

### 3.2.5. Casa de la calidad

#### 3.2.5.1. Necesidades del cliente

En función de los requerimientos (voz del usuario) más importantes que se encontraron a partir de la encuesta, se deben clasificar cada uno de estos requerimientos en 3 niveles:

- Básico
- Unidireccional
- Estimulante

**Tabla 3-6:** Necesidades del cliente

N°	Voz del usuario	Necesidad
1	Facilidad de uso	Básico
2	Buena eficiencia energética	Estimulante
3	Buen secado para cualquier fruta	Unidireccional
4	Seguridad	Básico
5	Que deshidrate mucha fruta	Estimulante
6	No oxidante	Básico
7	Durabilidad	Estimulante
8	Económico	Estimulante
9	Fácil cambio de temperatura	Estimulante
10	Poca y fácil reparación	Unidireccional

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.2.5.2. Análisis de competencias y requerimientos del usuario

En la fase de planificación del producto se abarcó 3 puntos importantes a tratar a tenor a la casa de la calidad, los cuales son:

- Valoración
- Índice o grado de mejora
- Importancia estratégica o factor de venta

Valoración: la valoración dada a nuestra empresa en lo que se refiere a los requerimientos previamente establecidos en la voz del ingeniero se darán en una escala de 1 a 5 siendo 1 el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

Índice de mejora: es un valor objetivo, o un valor a conseguir a favor nuestro en relación con la competencia en el mercado mediante valores consensuados. Se habla de valor consensuado en el grado o índice de mejora debido a que un valor por encima de 1.3, que supone mejorar en un treinta por ciento (30%) el equipo en cuestión (Delgado, 2007). Se lo obtiene mediante:

$$\text{índice (grado) de mejora} = \frac{\text{Valoración objetiva}}{\text{Valor actual del requerimiento en cuestión}} \quad (4)$$

Importancia estratégica o factor de venta: dependerá de la necesidad del cliente y afecta a la ponderación de cada necesidad, siguiendo los siguientes niveles con sus respectivos valores, según la importancia estratégica.

- Sin importancia estratégica o factor de venta fuerte: 1
- Con importancia estratégica o factor de venta posible: 1.2
- Con importancia estratégica alta o factor de venta fuerte: 1.5

Obtuvimos la ponderación, mediante la siguiente expresión:

$$P = M \times I \times F \quad (5)$$

Donde:

P: Ponderación

M: Valoración

I: Importancia

F: Factor de venta

Los resultados obtenidos del análisis de competitividad se resumen en la tabla que se muestra a continuación. Donde es evidenciable que las necesidades: facilidad de uso, buen secado para cualquier fruta y costo asequible son las que tienen una mayor calificación ponderada, por lo que el diseño del deshidratador de frutas se enfocó en satisfacer principalmente dichas necesidades.

**Tabla 3-7:** Importancia de las necesidades del cliente

	Tipo de necesidad	Importancia	Diseño propuesto	Kenton	Inoxidables Élite	Objetivo	Índice de mejora	Factor de venta	Ponderación	Ponderación (%)
Facilidad de uso	B	4	1	4	3	4	4	1.2	19.2	14.1
Buena eficiencia energética	E	4	1	3	3	3	3	1	12.0	8.8
Buen secado para cualquier fruta	U	5	1	1	4	4	4	1.2	24.0	17.6
Seguridad	B	3	1	3	2	3	3	1.2	10.8	7.9
Que deshidrate mucha fruta	E	3	1	2	3	3	3	1.2	10.8	7.9
No oxidante	B	3	1	4	4	3	3	1	9.0	6.6
Durabilidad	E	5	1	4	3	3	3	1	15.0	11.0
Económico	E	5	1	2	2	3	3	1.5	22.5	16.5
Fácil cambio de temperatura	E	1	1	2	4	2	2	1.2	2.4	1.8
Poca y fácil reparación	U	3	1	3	3	3	3	1.2	10.8	7.9

Realizado por: Avalos A. y Pánchez J.,2023

### 3.2.5.3. Requerimientos técnicos

Los requerimientos técnicos son un componente esencial que se utiliza para traducir las necesidades y deseos del cliente en especificaciones técnicas claras y medibles para el diseño y desarrollo del producto o servicio.

En resumen, los requerimientos técnicos son nada más que las necesidades del usuario en lenguaje técnico también conocido como voz ingeniero.

**Tabla 3-8:** Requerimientos técnicos con mayor prioridad para el diseño del equipo.

<b>N°</b>	<b>Voz del usuario</b>	<b>Voz del ingeniero</b>
<b>1</b>	Facilidad de uso	Operabilidad
<b>2</b>	Buena eficiencia energética	Potencia
<b>3</b>	Buen secado para cualquier fruta	Versatilidad y eficiencia térmica
<b>4</b>	Seguridad	Seguridad del usuario
<b>5</b>	Que deshidrate mucha fruta	Capacidad/Volumen de trabajo
<b>6</b>	No oxidante	Materiales anticorrosivos
<b>7</b>	Durabilidad	Tiempo de vida
<b>8</b>	Económico	Costo máximo
<b>9</b>	Fácil cambio de temperatura	Control de temperatura sencillo
<b>10</b>	Poca y fácil reparación	Mantenimiento

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 3.2.5.4. Correlaciones

Cada uno de los elementos comparables está asociado a una fila de la matriz para la casa de calidad. Enumeramos otra serie de artículos en la parte superior y asociamos cada uno de ellos a una columna. Podemos utilizar cada celda de la matriz para registrar alguna relación entre el artículo entre el artículo asociado a la fila y el artículo asociado a la columna. (Ficalora y Cohen, 2010)

Para relacionar las necesidades del cliente con las características técnicas del equipo se debe establecer un factor de incidencia, cuyos niveles son:

**Tabla 3-9:** Factor de incidencia para el análisis QFD.

Factor de Incidencia		
●	9	Fuerte
○	5	Medio
—	1	Bajo

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

La asignación del factor de incidencia a las relaciones entre los requerimientos del usuario o cliente y los del ingeniero es esencial ya que esta acción permite visualizar de manera gráfica el grado de correlación entre las diez especificaciones predominantes obtenidas previamente para el deshidratador de frutas.

**Tabla 3-10:**Requerimientos del cliente y requerimientos técnicos

Requerimientos del cliente	Voz del ingeniero										
Voz del Usuario	Tipo de necesidad	Operabilidad	Potencia	Versatilidad y eficiencia térmica	Seguridad del usuario	Capacidad/volumen de trabajo	Material anticorrosivo	Tiempo de vida	Costo máximo	Control de temperatura sencillo	Mantenimiento
Facilidad de uso	B	☑		—		☑			—	☑	○
Buena eficiencia energética	B		☑	○	☑	—		○	○		
Buen secado para cualquier fruta	O		○	☑			—			○	
Seguridad	E	—			☑		☑		—	○	—
Que deshidrate mucha fruta	O		○			☑			○	—	
No oxidante	E				○		☑	☑	○		○
Durabilidad	E		—				☑	☑	○		☑
Económico	O		☑	○	—	☑	○	—	☑	○	—
Fácil cambio de temperatura	O	☑		☑	—				○	☑	—
Poca y fácil reparación	E			—			—	☑		—	☑

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.2.5.5. Evaluación técnica

Permite determinar la incidencia de la correlación establecida entre la voz del usuario y los parámetros técnicos y la ponderación calculada (Bossert, 2021 pp.39-45). Para ello, se utiliza la expresión:

$$I_c = \sum C.P(\%) \quad (6)$$

Dónde:

$I_c$ : Incidencia

$C$ : Correlación

$P$  (%): Ponderación en porcentaje

Cabe resaltar que, aunque la incidencia se la puede calcular mediante el valor de ponderación en su forma directa, se optó por su valor en porcentaje ya que al ser número más pequeños se puede percibir de mejor forma el requerimiento técnico más importante.

Los resultados obtenidos para cada especificación técnica se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 3-11:** Resultados para cada especificación técnica.

Propuesta de diseño	4	3	2	3	3	4	4	2	3	3	<b>TOTAL</b>
Kenton Apparatus Ltd.	3	3	2	3	3	4	4	2	2	3	
Inoxidables Élite	3	2	2	3	3	4	3	2	2	2	
Incidencia	1.72	3.19	3.68	1.14	3.55	2.21	2.13	2.50	3.01	1.91	
Incidencia (%)	7.5	13.8	15.9	4.9	15.4	9.5	9.2	10.8	13.0	8.3	100
	Interfaz de operación sencilla	4 kW	Amplia área convectiva con temperaturas hasta 150°C	Puertas de protección	20 bandejas	Acero inoxidable A240/480	3 años	2 000 – 2500 USD	Control analógico de temperatura	Fácil desmontaje y limpieza de componentes	

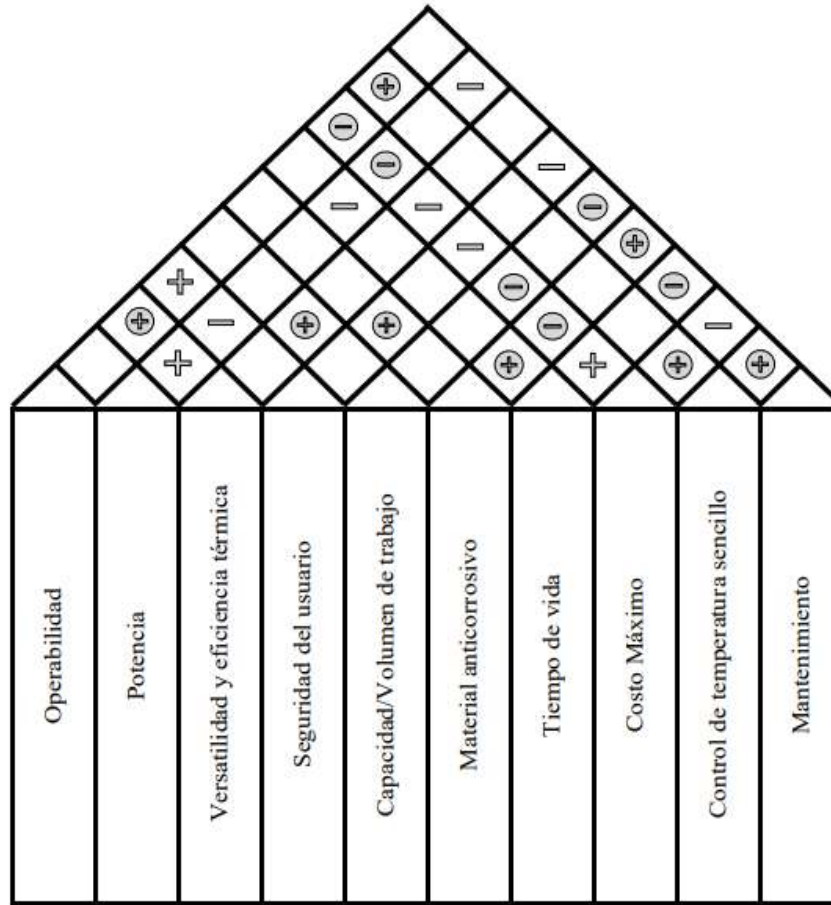
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.2.5.6. *Compromisos técnicos*

Tenemos 3 casos en los que podemos comparar los compromisos técnicos para evaluar las características técnicas del equipo.

- Correlación positiva: determina que al aumentar el nivel de una característica la característica correlacionada también aumenta.
- Correlación negativa: determina que al aumentar el nivel de una característica la característica correlacionada decremente proporcionalmente.
- Indiferente: no existe correlación entre las características de estudio.

Se ha establecido una relación de dependencia entre estas como se muestra en la siguiente ilustración:

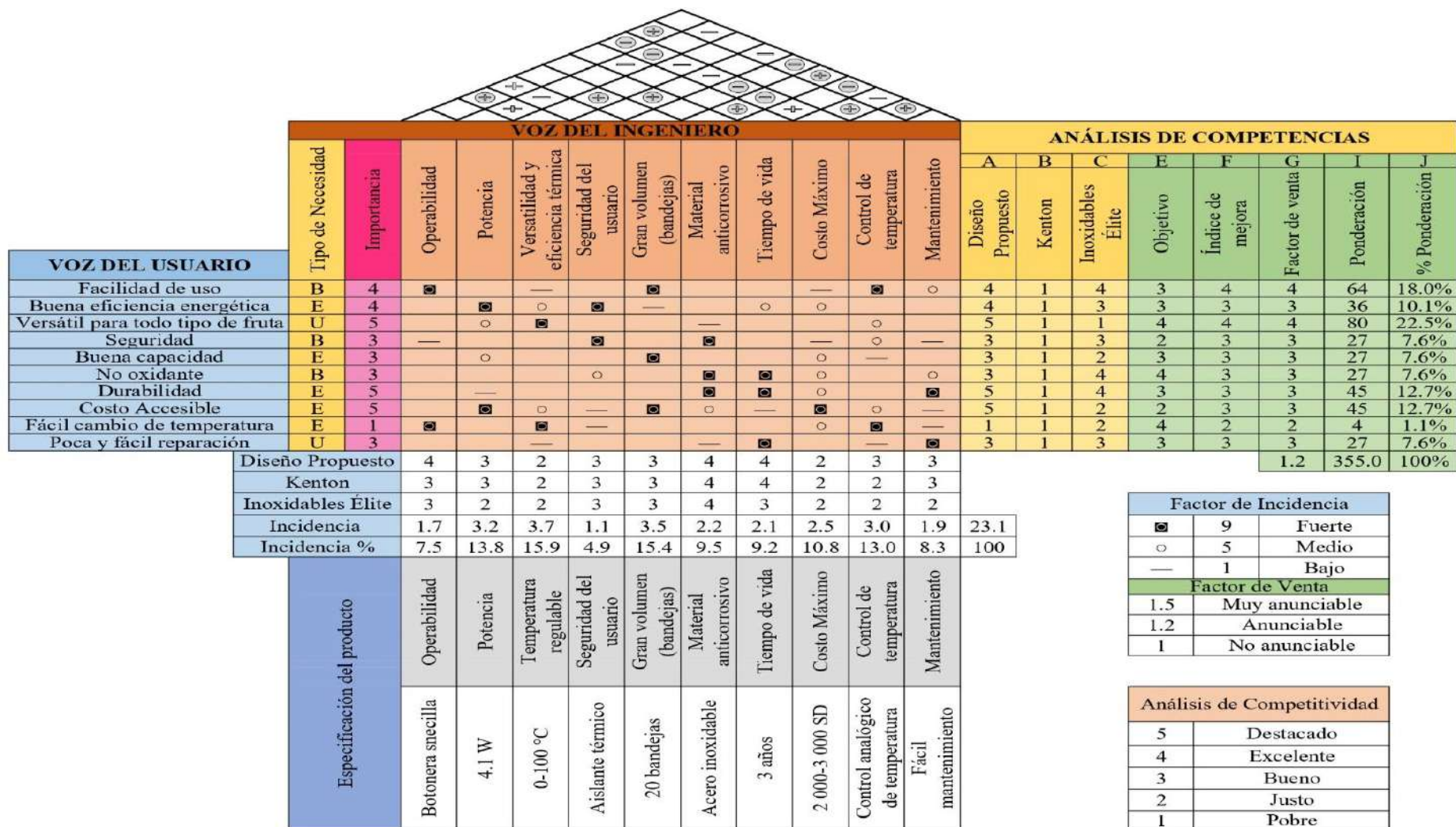


**Ilustración 3-2:** Relación de dependencia entre los parámetros técnicos

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.2.5.7. Casa de calidad

La casa de calidad para el presente trabajo es una combinación de las matrices que se desarrolló a lo largo de este capítulo. Uniendo todos los diferentes parámetros ya vistos, podemos resumir la casa de calidad para la metodología de diseño QFD, de la siguiente manera:



**Ilustración 3-3:** Casa de la calidad para el deshidratador de frutas.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



#### 3.2.5.8. *Especificaciones técnicas*

- **Operabilidad:** el deshidratador de frutas debe ser fácil de operar para el usuario, con un control sencillo de uso intuitivo. Esto se logra incorporando una botonera que permita el encendido, la regulación de temperatura, el control del tiempo, la activación de los equipos y el apagado del deshidratador.
- **Potencia:** la potencia dependerá del tipo, longitud y sección transversal de la níquelina o resistencia eléctrica que se utilice para elevar la temperatura interna del equipo y del motor o motores que se vayan a utilizar para girar las aspas de las turbinas para generar una transferencia de calor convectiva.
- **Versatilidad y eficiencia térmica:** para referirse a que el deshidratador sea versátil con buena eficiencia térmica, se hace alusión a que su temperatura a la cual se va a calentar el volumen de trabajo llegue a valores deseados para deshidratar frutas en el menor tiempo posible. Además, se debe verificar que el área convectiva de las bandejas permita más transferencia de calor por convección.
- **Seguridad del usuario:** para garantizar la seguridad del usuario se debe controlar tanto el aseguramiento del volumen de trabajo para evitar exposiciones a temperaturas elevadas, mediante puertas que no permitan las fugas de calor del deshidratador y aislante térmico en las paredes para asegurar que la temperatura externa del deshidratador sea lo más baja posible.
- **Capacidad/Volumen de trabajo:** hablar sobre la capacidad o volumen de trabajo que vaya a tener el deshidratador se hace referencia al volumen de trabajo o al número de bandejas que va a contener. Dependiendo del fabricante o el diseñador se puede especificar ambas, tanto el número de bandejas como el volumen de trabajo para poder ponderar cuanta fruta se puede llegar a deshidratar en un ciclo.
- **Material anticorrosivo:** se requiere que el deshidratador no pueda llegar a desarrollar óxidos en su estructura para aumentar el tiempo de vida del equipo y a su vez proteger la integridad de los productos deshidratados que a su vez garantizarán la salud de los consumidores.
- **Tiempo de vida:** para garantizar un tiempo de vida óptimo se optó además de un material anticorrosivo, una conexión a disyuntores de seguridad, en caso de una sobrecarga eléctrica a la línea de alimentación, se dañará el “breaker” evitando que se dañe el equipo.
- **Costo máximo:** el costo para la disposición del usuario debe tomar en cuenta tanto los costos directos e indirectos, en ellos se incluyeron la mano de obra, los materiales, el costo de diseño o costo ingenieril, las herramientas, el transporte y los repuestos si es que se incluyen en el mismo.

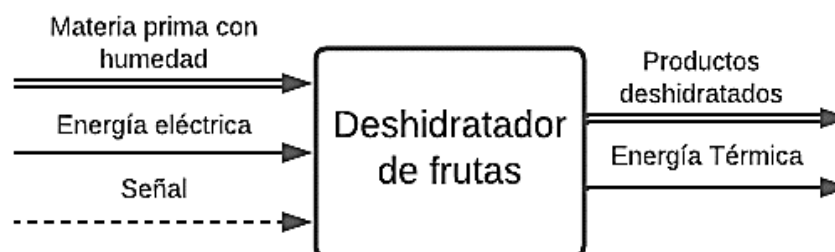
- **Control de temperatura sencillo:** el control de temperatura del deshidratador de frutas debe ser cuanto menos difícil de manipular, dado que el enfoque que se planteó es que cualquier persona pueda utilizar y regular los parámetros del equipo en caso de que se quiera deshidratar cualquier tipo de fruta, sea una tarea monótona y mecánica. Es por ello por lo que un módulo de temperatura comercial fue una opción factible.
- **Mantenimiento:** un deshidratador de frutas es un equipo que a lo largo de sus ciclos de trabajo requiere un mantenimiento regular para mantenerse funcionando con la máxima eficiencia. La importancia del mantenimiento de la máquina incluye el rendimiento, la seguridad, la eficiencia energética y la rentabilidad, además de simplemente extender su vida útil.

### 3.3. Diseño Conceptual

#### 3.3.1. Análisis funcional

##### 3.3.1.1. Estructura funcional nivel 0

En el nivel cero para la estructura funcional, se detalla de manera general el funcionamiento de la máquina, donde ingresarán los productos con cierto porcentaje de humedad, dependiendo el tipo de fruta, la energía eléctrica para activar los motores y por consecuencia los ventiladores, y también la niquelina, además se ingresará la señal manual para regular la temperatura del deshidratador. Obteniendo finalmente productos deshidratados con un nivel o porcentaje de humedad al 12%, además de obtener energía térmica que se disipará en el ambiente.

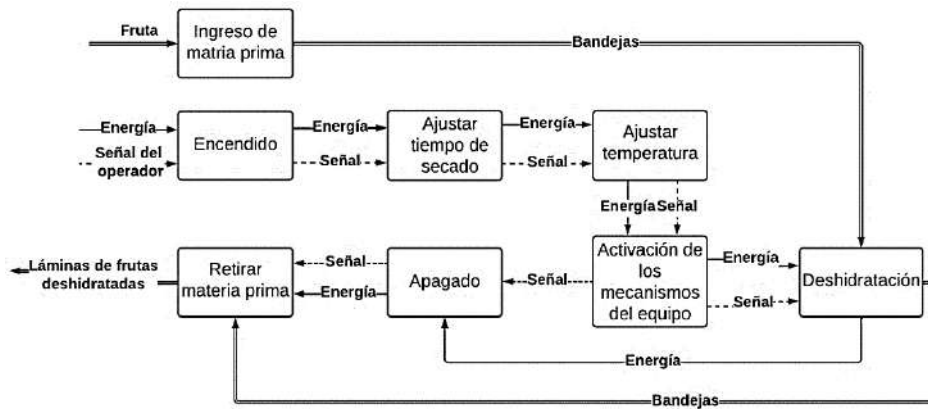


**Ilustración 3-4:** Estructura funcional de nivel 0 para el deshidratador de frutas.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

##### 3.3.1.2. Estructura funcional nivel 1

En este nivel se detallan de mejor manera las actividades o procesos que se deben seguir para que el equipo funcione de manera correcta, tomando el funcionamiento general visto en el nivel cero. En la siguiente figura se observa la estructura funcional de nivel 1:

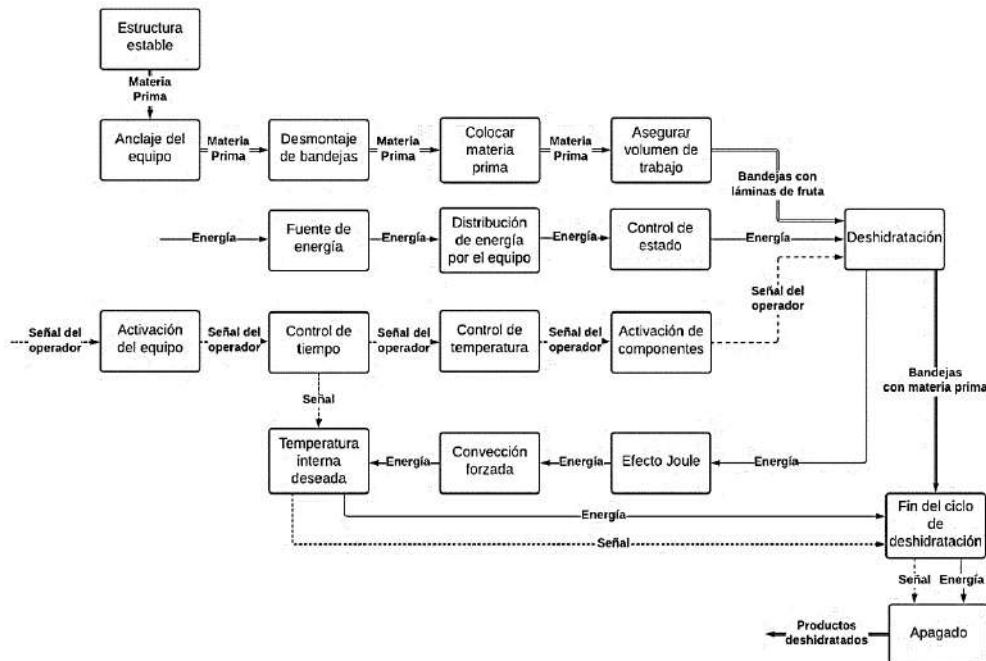


**Ilustración 3-5:** Estructura funcional de nivel 1 para el deshidratador de frutas.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.1.3. Estructura funcional nivel 2

Para poder analizar más a fondo el proceso que se sigue en el deshidratador de frutas se analizó y graficó una estructura funcional de nivel 2, en donde vamos a ver las diferentes actividades desde el encendido para lo cual la materia prima o las láminas de frutas con humedad ya deben estar montadas previamente en las bandejas, la señal eléctrica o pulso eléctrico para el encendido pasará por su respectiva distribución de red y por el control eléctrico del equipo. Una vez recibidas estas señales se puede accionar el deshidratador que pondrá en marcha el motor para el movimiento del ventilador y calentará la niquelina mediante el efecto Joule, y así obtener un proceso de deshidratación mediante convección forzada.

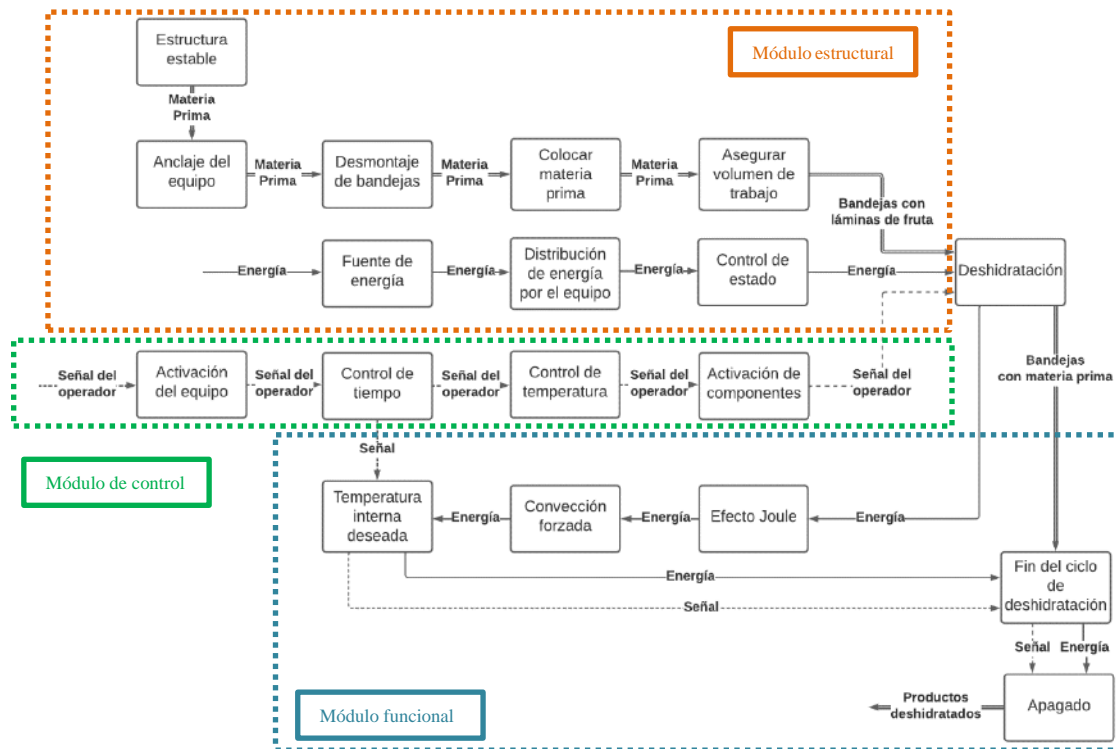


**Ilustración 3-6:** Estructura funcional de nivel 2 para el deshidratador de frutas.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.2. Análisis modular

#### 3.3.2.1. Estructura funcional de identificación (EFI)



**Ilustración 3-7:** Estructura funcional de nivel 2 para el deshidratador de frutas.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 3.3.2.2. Módulo estructural (EFI grado 1)

**Tabla 3-12:** Módulo estructural (EFI grado 1)

Función	Componentes		
Estructura estable	Estructura simple	Estructura doble	
Anclaje del equipo	Soportes fijos		Ruedas giratorias
Desmontaje de bandejas	Bandejas individuales	Rack de bandejas con ruedas giratorias	Rack de bandejas con base fija
Colocar materia prima	Malla electrosoldada	Chapa perforada	Bandejas de sección llena (tipo rustidera)
Asegurar volumen de trabajo	Puerta sencilla		Puertas dobles
Fuente de energía	Línea 220 V	Generador a diésel	Panel solar
Distribución de energía por el equipo	Directa		Disyuntor
Control de estado	Botonera por cable	Caja adherida al equipo	Control inalámbrico

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.2.3. Módulo de control (EFI grado 2)

**Tabla 3-13:** Módulo de control (EFI grado 2)

Función	Componentes	
Activación del equipo	Pulsador	Conmutador
Control de tiempo	Temporizador analógico	Temporizador digital
Control de temperatura	Termostato	Control digital
Activación de componentes	Luz piloto	Alarma

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.2.4. Módulo funcional (EFI grado 3)

**Tabla 3-14:** Módulo funcional (EFI grado 3)

Función	Componentes	
Efecto Joule	Niquelina tubular	
Convección forzada	Ventiladores helicoidales	Ventiladores centrífugos
Temperatura interna deseada	Termómetro (analógico)	Indicador digital
Fin del ciclo de deshidratación	Temporizador (automática)	Alarma (manual)
Apagado	Pulsador	Perilla de control/Conmutador

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

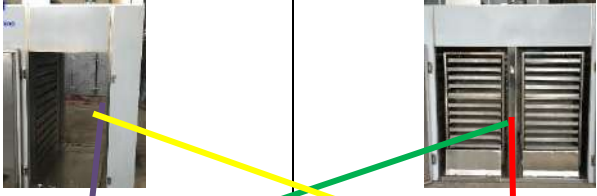

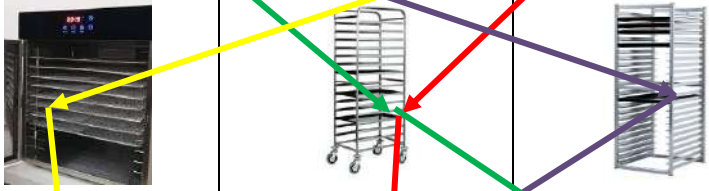
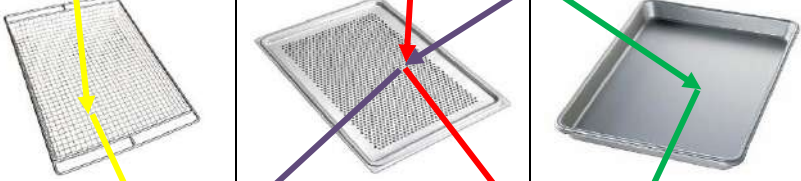
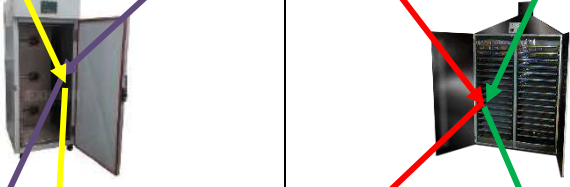


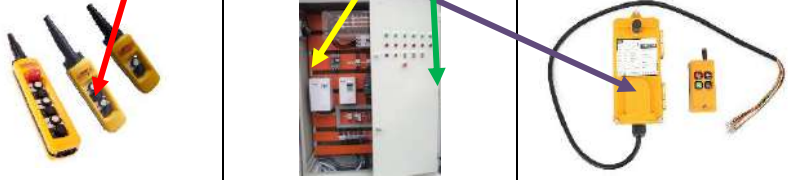
### 3.3.3. Matriz morfológica

La matriz morfológica se compone de una tabla en la que se cruzan las diferentes opciones de cada elemento, generando así múltiples combinaciones. Luego, estas combinaciones se analizan y evalúan para determinar cuáles son las más viables y adecuadas para satisfacer las necesidades del cliente. Es una herramienta que fomenta la creatividad, la exploración de diferentes soluciones y la generación de conceptos innovadores.

Es una herramienta que se utiliza para descomponer y combinar diferentes opciones de características técnicas o funcionales con el objetivo de generar soluciones creativas y satisfacer de manera integral las necesidades y deseos de los clientes.

3.3.3.1. Módulo estructural (EFI grado 1)









**Tabla 3-15:** Módulo estructural (EFI grado 1)

Función	Componentes		
Estructura estable			
Anclaje del equipo			
Desmontaje de bandejas			
Colocar materia prima			
Asegurar volumen de trabajo			
Fuente de energía			
Distribución de energía por el equipo			
Control de estado			

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

3.3.3.2. Módulo de control (EFI grado 2)

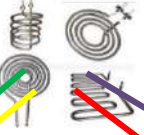




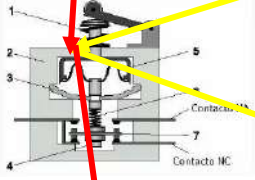



**Tabla 3-16:** Módulo de control (EFI grado 2)

Función	Componentes	
Activación del equipo		
Control de tiempo		
Control de temperatura		
Activación de componentes		

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

3.3.3.3. Módulo funcional (EFI grado 3)





**Tabla 3-17:** Módulo funcional (EFI grado 3)

Función	Componentes	
Efecto Joule		
Convección forzada		
Temperatura interna deseada		
Fin del ciclo de deshidratación		
Apagado		

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.4. Generación de alternativas

**Tabla 3-18:** Generación de alternativas

N° Alternativa	Indicativo
Alternativa 1	
Alternativa 2	
Alternativa 3	
Alternativa 4	

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 3.3.4.1. Primera alternativa

La generación de la primera alternativa correspondió a una estructura que reparte su volumen de trabajo en dos secciones con soportes móviles que permitan su desplazamiento por la planta, cuenta con un rack para bandejas extraíble mediante ruedas, el cual facilitará su montaje y desmontaje para su posterior limpieza de las bandejas con chapa metálica perforada. Para asegurar el cierre del volumen de trabajo se escogió una puerta doble. Su alimentación energética se dará mediante un generador eléctrico de diésel el cual se conectará de forma directa a la máquina la cual se podrá controlar mediante una botonera flexible que esté conectada mediante un cableado.

En la parte de control se optó por un pulsador que encenderá el equipo para poder controlar la temperatura y tiempo de forma analógica, con una luz piloto que indicará cuando se activarán las niquelinas y el ventilador.

Para la funcionalidad del equipo se utilizó una niquelina tubular que ejecutará el ciclo de convección forzada mediante un ventilador centrífugo. Para observar si la temperatura de equilibrio es la deseada y no ocurra ningún accidente dentro del equipo, se utilizó un termómetro. El ciclo de deshidratación finalizará de forma automática al terminar el tiempo de seteo del temporizador, finalmente se girará a la perilla de seguridad para un apagado total.

#### 3.3.4.2. Segunda alternativa

La generación de la segunda alternativa correspondió a una estructura que reparte su volumen de trabajo en dos secciones con soportes fijos que aseguren al equipo, cuenta con un rack para bandejas extraíble mediante ruedas, el cual facilitará su montaje y desmontaje para su posterior limpieza de las bandejas tipo rustidera o de sección llena. Para asegurar un cierre del volumen de trabajo se escogió una puerta doble. Su alimentación energética se dará mediante un panel soldar el cual se conectará por un disyuntor a la máquina la cual se podrá controlar mediante una caja de control adherida al equipo.



En la parte de control se optó por un conmutador que encenderá el equipo para poder controlar el tiempo mediante un temporizador analógico y la temperatura mediante un termostato, con una alarma para indicar el accionamiento de los instrumentos.

Para la funcionalidad del equipo se utilizó una niquelina tubular que ejecutará el ciclo de convección forzada mediante un ventilador helicoidal. Para observar si la temperatura de equilibrio es la deseada y no ocurra ningún accidente dentro del equipo, se utilizó un termómetro. Se utilizó una alarma, para dar la señal al usuario que el ciclo de deshidratación ha culminado para poder apagar el equipo mediante un conmutador.

#### *3.3.4.3. Tercera alternativa*

La generación de la tercera alternativa correspondió a una estructura que reparte su volumen de trabajo en una sola sección con soportes móviles por ruedas giratorias que permiten el desplazamiento del equipo, cuenta con rieles de bandejas adheridos al equipo para simplificar su montaje y desmontaje de las bandejas con malla. Para asegurar un cierre del volumen de trabajo se escogió una puerta sencilla. Su alimentación energética se dará mediante las líneas de voltaje que se encuentran en la ciudad, cuenta con una protección tipo disyuntor o breaker para evitar cualquier sobrecarga en el equipo para su posterior control mediante una caja de control adherida al equipo. En la parte de control se optó por un conmutador que enciende el equipo para poder configurar el tiempo de secado mediante un temporizador analógico y la temperatura mediante un módulo digital, una vez preparado el tiempo y temperatura de secado, se activan todos los componentes, con una señalización de una luz piloto.

Para la funcionalidad del equipo se utilizó una niquelina tubular que ejecutará el ciclo de convección forzada mediante un ventilador helicoidal. Para observar si la temperatura de equilibrio es la deseada y no ocurra ningún accidente dentro del equipo, se utilizó un indicador digital incluido en el control de temperatura. Una vez finalizado el tiempo de secado, el temporizador desconecta los componentes para posterior a ello, desactivar o desconectar totalmente el equipo mediante el conmutador.

#### *3.3.4.4. Cuarta alternativa*

La generación de la segunda alternativa correspondió a una estructura que reparte su volumen de trabajo en una sola sección con soportes fijos que permitan que el equipo no se desplace, cuenta con un rack de bandejas soldadas que permiten su montaje y desmontaje para mejor mantenimiento del interior del interior del deshidratador y de las bandejas con chapa perforada. Para asegurar un cierre del volumen de trabajo se escogió una puerta sencilla. Su alimentación energética se dará mediante las líneas de voltaje que se encuentran en la ciudad, la cual se conectará directamente al equipo para su distribución de energía para su posterior control mediante un control inalámbrico. En la parte de control se optó por un pulsador que enciende el equipo para poder controlar la temperatura mediante un módulo digital y un temporizador del mismo tipo, una vez seteado el

tiempo y temperatura de secado se activarán los componentes, con una alarma que brinda una señalización de dicho accionamiento.

Para la funcionalidad del equipo se utilizó una niquelina tubular que ejecutará el ciclo de convección forzada mediante un ventilador centrífugo. Para observar si la temperatura de equilibrio es la deseada y no ocurra ningún accidente dentro del equipo, se utilizó un indicador digital incluido en el control de temperatura. Se utilizó una luz y alarma piloto, para dar la señal al usuario que el ciclo de deshidratación ha culminado para poder apagar el equipo mediante un pulsador.

### 3.3.5. Evaluación de alternativas por criterios ponderados

#### 3.3.5.1. Criterios de evaluación

A partir de las ponderaciones dadas en las necesidades del cliente en la Tabla 3-4, se escogió los 4 requisitos técnicos principales:

- Tiempo de vida
- Costo
- Versatilidad
- Operabilidad

Se utilizó cada uno de estos criterios para poder compararlos con las 4 alternativas creadas en la matriz morfológica a partir de la siguiente calificación comparando la importancia entre los criterios de evaluación o la mejor opción para las alternativas entre fila y columna:

- Fila > Columna: 1
- Fila = Columna: 0.5
- Fila < Columna: 0

#### 3.3.5.2. Tabla de evaluación de criterios

Para generar siguiente tabla se estableció una relación entre la importancia entre fila y columna entre cada uno de los criterios antes mencionados:

**Tabla 3-19:** Tabla de evaluación de criterios

Criterio	Vida útil	Costo	Versatilidad	Operabilidad	$\Sigma + 1$	Peso específico
Vida útil		0.5	1	0	2.5	0.25
Costo	0.5		1	1	3.5	0.35
Versatilidad	0.5	0		1	2.5	0.25
Operabilidad	0	0	0.5		1.5	0.15
Total					10	1

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.5.3. Tabla de evaluación de la vida útil

Para generar siguiente tabla se estableció una relación entre la importancia entre fila y columna entre cada una de las alternativas antes mencionados:

**Tabla 3-20:** Tabla de evaluación de la vida útil

Vida útil	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	$\Sigma+1$	Peso específico
Alt. 1		0	0	0.5	1.5	0.15
Alt. 2	1		0.5	1	3.5	0.35
Alt. 3	1	0.5		1	3.5	0.35
Alt. 4	0.5	0	0		1.5	0.15
Total					10	1

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.5.4. Tabla de evaluación del costo

Para generar siguiente tabla se estableció una relación entre la importancia entre fila y columna entre cada una de las alternativas antes mencionados:

**Tabla 3-21:** Tabla de evaluación del costo.

Costo	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	$\Sigma+1$	Peso específico
Alt. 1		0	0	0	1	0.1
Alt. 2	1		0	0	2	0.2
Alt. 3	1	1		0.5	3.5	0.35
Alt. 4	1	1	0.5		3.5	0.35
Total					10	1

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.5.5. Tabla de evaluación de la versatilidad y eficiencia de secado

Para generar siguiente tabla se estableció una relación entre la importancia entre fila y columna entre cada una de las alternativas antes mencionados:

**Tabla 3-22:** Tabla de evaluación de la versatilidad y eficiencia de secado.

Versatilidad y eficiencia de secado	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	$\Sigma+1$	Peso específico
Alt. 1		1	0	0.5	2.5	0.25
Alt. 2	0		0	0	1	0.1
Alt. 3	1	1		1	4	0.4
Alt. 4	0.5	1	0		2.5	0.25
Total					10	1

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.5.6. Tabla de evaluación de la operabilidad

Para generar siguiente tabla se estableció una relación entre la importancia entre fila y columna entre cada una de las alternativas antes mencionados:

**Tabla 3-23:** Tabla de evaluación de la operabilidad

Operabilidad	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	$\Sigma+1$	Peso específico
Alt. 1		0.5	0	0	1.5	0.15
Alt. 2	0.5		0	0	1.5	0.15
Alt. 3	1	1		0.5	3.5	0.35
Alt. 4	1	1	0.5		3.5	0.35
Total					10	1

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.5.7. Tabla de resultados para prioridad de alternativas solución

Para obtener la tabla de resultados se debe multiplicarla ponderación del criterio por toda la columna de las ponderaciones de las diferentes alternativas. Así se obtuvo que la prioridad de diseño es la opción 3.

**Tabla 3-24:** Tabla de resultados para la prioridad de las alternativas

Operabilidad	Vida útil	Costo	Versatilidad	Operabilidad	$\Sigma$	Prioridad
Alt. 1	0.04	0.035	0.0375	0.0225	0.133	4
Alt. 2	0.09	0.07	0.015	0.0225	0.195	3
Alt. 3	0.09	0.1225	0.06	0.0525	0.323	1
Alt. 4	0.04	0.1225	0.0375	0.0525	0.250	2

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.3.6. Parámetros técnicos del equipo

Para determinar los parámetros técnicos del equipo se tomó en cuenta la disponibilidad de los accesorios en el mercado y los requerimientos del cliente para llegar a la mejor solución posible.

- **Voltaje de entrada:** para determinar el voltaje de entrada que alimentará el equipo se determinó la alimentación de la niquelina o resistencia calefactora, y del ventilador.
- **Rango de temperatura:** el rango de temperatura recomendado para el equipo se determinó mediante los cálculos mostrados y las pruebas, mostrando así los productos terminados en diferentes rangos de temperatura, evaluando su color, textura y sabor.
- **Potencia:** se determinó la potencia mediante la selección de componentes que consumirán energía eléctrica, como las niquelinas y el ventilador.
- **Costo:** el costo del equipo se determinó en un rango ponderado mediante un análisis previo a su diseño y construcción, determinando así un rango adaptable al mercado.
- **Capacidad de deshidratación:** la capacidad de deshidratación se determinó a partir de las necesidades del mercado, se analizaron en promedio las ventas, mediante la encuesta en el (anexo B) en donde se observó la cantidad de kg de fruta diaria que se requiere deshidratar.
- **Dimensiones generales:** las dimensiones generales del equipo se detallan en función a la capacidad de la encuesta realizada en el anexo B

**Tabla 3-25:** Especificaciones técnicas del equipo

<b>Parámetro Técnico</b>	<b>Valor de Referencia</b>
Voltaje de entrada	220 V
Rango de temperatura recomendado	65 – 100 °C
Potencia	4.1 kW
Costo	\$2000 - \$2500
Capacidad de deshidratación	[0.5-0.75] kg/bandeja
Número de bandejas	20
Dimensiones generales	0.64x0.9x0.8 m
Control del tiempo	Temporizador analógico
Control de temperatura	Control digital
Niquelinas	Niquelinas tubulares de doble punta
Ventilador	Ventilador helicoidal

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### **3.4. Diseño del deshidratador**

El diseño del deshidratador de frutas en principio es una idea muy general que abarcó varias alternativas para su diseño y construcción, al realizar un estudio de las necesidades del mercado, se realizaron 2 tipos de encuesta, la primera con las necesidades técnicas del equipo que requirieron un estudio mediante la metodología QFD, para poder crear un deshidratador que se acople a las necesidades de la mayoría del mercado. La segunda encuesta se realizó con el objetivo de determinar de manera general un análisis estadístico del ámbito de la deshidratación de frutas, para poder conocer el mercado competitivo que existe actualmente, aunque dichas preguntas no abarquen un requerimiento o necesidad en sí, conocer la competencia y las preferencias actuales del público objetivo suponen una gran ventaja para el diseño y construcción del equipo.

El deshidratador eléctrico para frutas está equipado con un ventilador centrífugo que impulsa el flujo de aire hacia una sección específica donde se encuentra ubicada una resistencia. Dicha resistencia añade energía calórica al aire, generando así un ambiente térmico propicio para el proceso de deshidratación. El aire caliente es introducido en el deshidratador por la parte posterior y se pone en contacto con la superficie de las frutas, permitiendo la evaporación gradual del agua contenida en ellas. Posteriormente, el aire caliente y cargado de humedad es expulsado al exterior a través de orificios situados en la parte superior del equipo, asegurando así una adecuada circulación y evitando la recirculación del flujo de aire.

#### **3.4.1. Condiciones climáticas**

La deshidratación es un proceso psicométrico que involucra el estudio de las propiedades del aire y su interacción con la humedad y la temperatura ambiente. Es fundamental tener en cuenta las condiciones ambientales del lugar donde se llevará a cabo la deshidratación, ya que estas condiciones influirán en el rendimiento y eficiencia del equipo. En el caso particular del

deshidratador que se utilizará en la ciudad de Riobamba, ubicada en la provincia de Chimborazo a una altitud de 2750 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), es necesario considerar el impacto de la altitud en las propiedades del aire, como la presión atmosférica y la densidad, así como las variaciones en la temperatura y la humedad relativa. Estos factores tendrán un efecto directo en la capacidad de extracción de humedad del deshidratador y en la calidad del producto final obtenido. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis exhaustivo de las condiciones ambientales locales para garantizar un proceso de deshidratación eficiente y óptimo en esta ubicación específica.

**Tabla 3-26:** Presiones atmosféricas a varias alturas

Altura (m)	Presión atmosférica (kPa)
0	101.33
1000	89.55
2000	79.50
5000	54.05
10000	26.50
20000	5.53

Realizado por: Avalos A. y Pánchez J.,2023

Utilizando los datos de la tabla 3-xx(anterior), interpolamos para obtener una presión de 73.14 kPa a una altura de 2750 m.s.n.m. A través, de la fórmula de los gases ideales se obtendrá la densidad del aire:

$$\rho = \frac{P_{atm}}{R_A \times T_A} \quad (6)$$

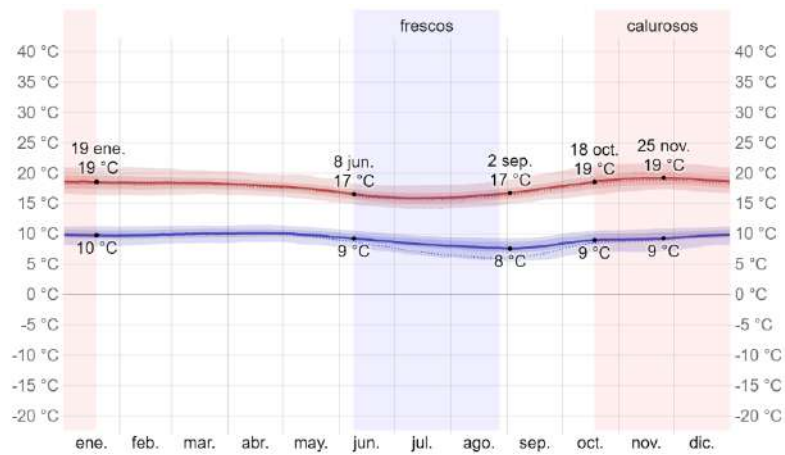
Donde:

$\rho$ : Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$P_{atm}$ : Presión atmosférica (kPa)

$R_A$ : Constante de los gases ideales (0.2870 kPa m<sup>3</sup>/kg °K)

$T_A$ : Temperatura ambiente del aire (°K)



**Ilustración 3-8:** Temperatura promedio en Riobamba 2022

Fuente: Weather Spark, 2023

**Tabla 3-27:** Temperatura y humedad relativa promedio en la ciudad de Riobamba

Temperatura °C	Humedad relativa %	Presión atmosférica kPa
19	88.28	73.14

Realizado por: Avalos A. y Pánchez J., 2023

Con la temperatura y humedad promedio procedemos a calcular las propiedades del aire con el uso del software Psychrometric Program

**Tabla 3-28:** Propiedades del aire a 19 °C

Temperatura bulbo seco	19 °C
Humedad relativa	88.3 %
Temperatura bulbo húmedo	17.7 °C
Punto de rocío	17.1 °C
Humedad Absoluta	0.0121 kg/kg
Entalpía	49.9 kJ/kg
Densidad	1.199 kg/m <sup>3</sup>
Volumen específico	0.844 m <sup>3</sup> /kg
Presión	101325 Pa

Fuente: DAIKIN, 2023

Realizamos el mismo procedimiento para la temperatura máxima a la cual va a estar sometida el deshidratador de frutas

**Tabla 3-29:** Propiedades del aire

Temperatura bulbo seco	65 °C
Humedad relativa	20 %
Temperatura bulbo húmedo	38.2 °C
Punto de rocío	32.9 °C
Humedad Absoluta	0.0323 kg/kg
Entalpía	150.1 kJ/kg
Densidad	1.024 kg/m <sup>3</sup>
Volumen específico	1.008 m <sup>3</sup> /kg
Presión	101325 Pa

Fuente: DAIKIN, 2023

### **3.5. Capacidad requerida y dimensionamiento de la cámara de deshidratación**

#### **3.5.1. Capacidad requerida**

La capacidad de deshidratación de frutas consiste en la cantidad de materia prima o cantidad de frutas que el equipo puede procesar y deshidratar en un periodo de tiempo a una temperatura específica. Para determinar la capacidad se debe primero se estimó la cantidad de frutas que se desean deshidratar.

El diseño del deshidratador de frutas tuvo como uno de sus objetivos, deshidratar diferentes tipos de frutas que existen en el mercado. La cantidad de materia prima seleccionada se fundamenta en las encuestas realizadas al mercado objetivo, que se muestran en el anexo B, donde se obtuvo que las empresas que se dedican a la producción y comercialización de frutos secos en pequeñas y medianas empresas del Ecuador necesitan deshidratar al menos 10 kg de fruta, por ciclo de deshidratación.

Para la encuesta realizada dado que cada fruta contiene diferentes porcentajes de agua o de humedad, no todas van a tener el mismo peso en un mismo volumen, es por ello por lo que se dieron rangos de preferencia según el flujo de inventario que maneje el mercado.

Para determinar la capacidad de producción, se requiere dividir el peso de entrada de la materia prima entre el tiempo de deshidratación que le tome al equipo para llegar a un porcentaje menor al 12% de humedad. Para determinar la capacidad que posee el equipo, se tuvieron que realizar las pruebas de funcionamiento para obtener el tiempo de secado óptimo.

Cabe resaltar que aunque se tomó de base una capacidad requerida de 10 kg de fruta por ciclo de deshidratación, esto puede aumentar dependiendo del tipo de fruta y su porcentaje de humedad, esto no afecta al diseño ya que 0.5 kg es un peso bastante bajo para poder influir en la deflexión de las bandejas.



### 3.5.2. Dimensionamiento de la cámara de deshidratación

Las dimensiones internas del deshidratador de frutas se obtuvieron a partir del número de bandejas ya establecidas y de la capacidad en peso requerida para un ciclo de deshidratación.

Dado que se requiere deshidratar 10 kg de frutas, como se mencionó anteriormente, en 20 bandejas, cada bandeja debe poder contener 0.5 kg de toda la capacidad. Para definir el dimensionamiento, primero se obtuvo una media aritmética del peso de cada rodaja de fruta cortada dentro de los tres tipos de fruta que se utilizaron, entre manzana, banano y piña, el peso promedio de cada rodaja con un espesor entre 4 a 6 mm fue de 7 g. Lo cual es un indicador para obtener el número de frutas que pueden entrar en cada bandeja.

$$\text{Número de rodajas por bandeja} = \frac{500g}{7g} = 71.42$$

$$\text{Número de frutas por bandeja} = 72 \frac{\text{rodajas}}{\text{bandeja}}$$

También se estimó el espacio bidimensional que ocuparía cada rodaja de fruta en cada bandeja, estimando que cada fruta puede cortarse de cualquier forma, se consideró un cuadrante de dimensiones de 7 cm de alto y de ancho.

$$A_{\text{cuadrante}} = b * h \quad (7)$$

$$A_{\text{cuadrante}} = (7 \text{ cm})^2$$

$$A_{\text{cuadrante}} = 49 \text{ cm}^2$$

Finalmente, para la profundidad del equipo, consideramos una longitud promedio de un brazo, medido desde los dedos hasta el hombro de 65 cm, esta será nuestra profundidad de la cámara o el volumen interno de secado. Para determinar el ancho simplemente, multiplicamos el área del cuadrante de cada fruta, por las 72 frutas que deben caber en cada bandeja.

$$A_{\text{bandeja}} = A_{\text{cuadrante}} * \text{Número de frutas por bandeja} \quad (8)$$

$$A_{\text{bandejas}} = 49 \text{ cm}^2 * 72$$

$$A_{\text{bandeja}} = 3528 \text{ cm}^2$$

Con el área de bandeja requerida, se calculó el largo del equipo, utilizando la fórmula del área de un rectángulo.

$$A = b * h$$

$$3528 \text{ cm}^2 = b * 65 \text{ cm}$$

$$b = 54.3 \text{ cm}$$

Se determinó que el largo requerido del equipo para 72 rodajas de fruta por bandeja sea de 54 cm. Para determinar la altura del volumen interno de trabajo, simplemente se multiplicó el número de bandejas requeridas más una de protección y para recolección de fluidos por el espaciamiento entre cada una de ellas para la circulación del aire de 3.25 cm entre bandeja.

$$H_{\text{bandejas}} = (20 + 1) * 3.25 \text{ cm}$$

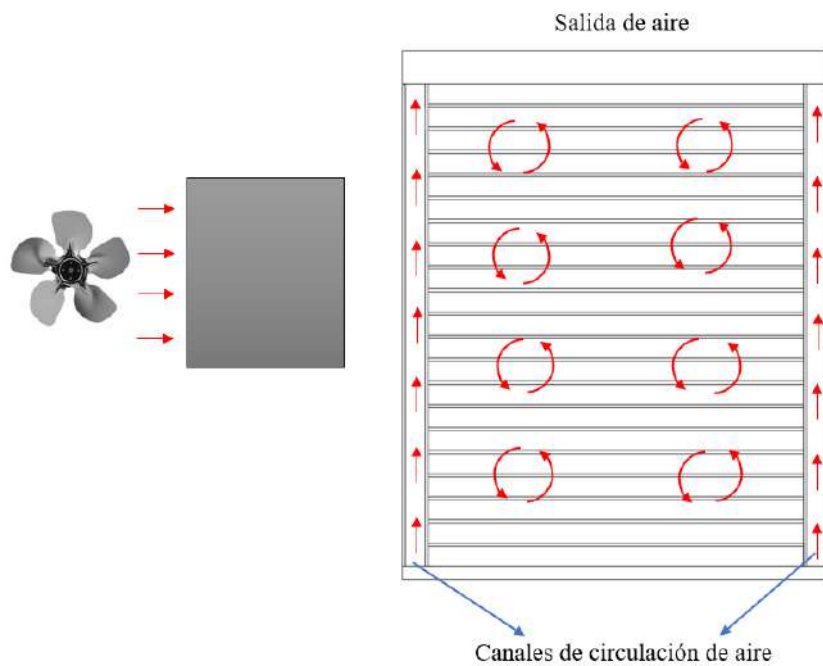
$$H_{bandejas} = 68.25 \text{ cm}$$

Se tomó en cuenta también el espacio extra que se debe considerar para las niquelinas en la parte inferior, y también el espaciamiento para la última bandeja., agregándole un valor de 6.75 cm al valor anteriormente calculado.

$$H_{cámara} = 68.25 \text{ cm} + 6.75 \text{ cm}$$

$$H_{cámara} = 75 \text{ cm}$$

Las características generales del deshidratador se definen en función de la disposición de las bandejas, el espacio entre ellas y los conductos para facilitar el flujo de aire. En caso del deshidratador de frutas con capacidad de 20 bandejas, la distribución interna se manejó de la siguiente manera:



**Ilustración 3-9:** Circulación interna del aire

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Con la ilustración anteriormente mostrada las medias externas e internas del deshidratador fueron de:

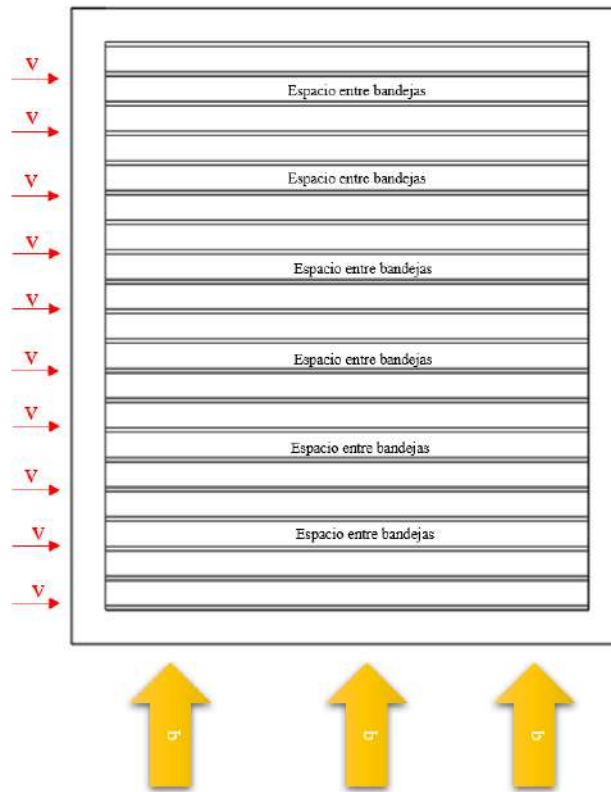
**Tabla 3-30:** Medias internas y externas del deshidratador

Medidas internas (m)	Medidas externas (m)
Largo: 0.54	Largo: 0.64
Alto: 0.80	Alto: 0.90
Profundidad: 0.65	Profundidad: 0.80

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.5.3. Circulación del aire entre las bandejas en la cámara de deshidratación

En el deshidratador, el aire circula en paralelo a la disposición de las bandejas, tal como se muestra en la ilustración 30. Según lo señalado por (22), la velocidad de aire sobre el producto debe estar entre 1 y 2 m/s. Por tanto, para el análisis de otros factores, se tomará una velocidad de 1 m/s como referencia.



**Ilustración 3-10:** Circulación del aire entre bandejas

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Para obtener el flujo de aire necesario se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q = v * A_{libre} \quad (9)$$

Donde:

$Q$ : caudal de aire necesario por nivel ( $m^3/s$ )

$v$ : velocidad del aire sobre el producto ( $m/s$ )

$A_{libre}$ : área entre bandejas ( $m^2$ )

$$Q = 0.0189 \frac{m^3}{s}$$

Para el diseño del deshidratador de frutas, a partir de la bibliografía citada, se utilizó una velocidad axial del ventilador de 1 m/s sobre las bandejas. En base a esta velocidad, se calculó que el caudal

o flujo necesario para el aire necesario por nivel es de  $0.0189 \frac{m^3}{s}$ . Posterior a este cálculo, el valor obtenido se multiplica por los 20 espacios disponibles correspondientes a las 20 bandejas, lo cual resulta en un caudal total de  $0.387 \frac{m^3}{s}$  equivalente a 800 CFM, para las condiciones de deshidratación.

Tras la realización de los análisis y cálculos correspondientes, así como una exhaustiva evaluación de la oferta de motores destinados a ventiladores disponibles en el mercado ecuatoriano, se ha procedido a la selección del motor. Esta determinación se erige sobre la base de su adecuación a las características y especificidades requeridas por el dispositivo deshidratador en cuestión. El motor en cuestión, modelo como L9FGw4D-227, se distingue por presentar las siguientes características distintivas:

**Tabla 3-31:** Características del motor GASTRO

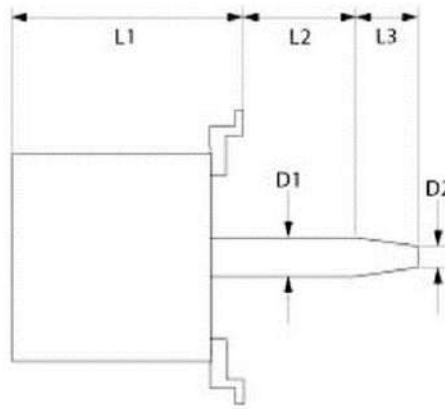
Modelo	L9FGw4D-227
Número de Parte	601313
Velocidad	1400 rpm
Frecuencia	50 Hz
Potencia de entrada	1320 W
Voltaje	200-240 V
Potencia	1 KW

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



**Ilustración 3-11:** Motor para ventilador tipo GASTRO

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



**Ilustración 3-12:** Dimensiones del motor GASTRO

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 3-32:** Dimensiones del motor marca GASTRO

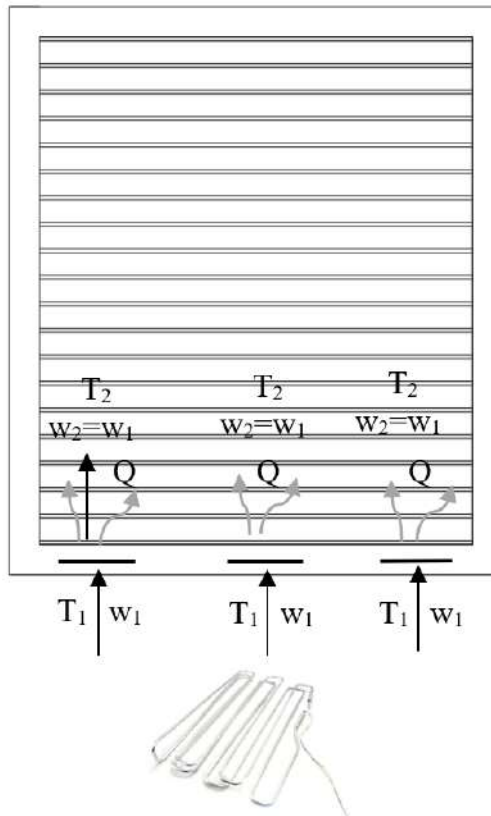
	Dimensiones (mm)
L1	220
L2	35
L3	50
D1	25
D2	20

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

La elección del motor también se ve respaldada por el criterio del tamaño, como se puede apreciar en la tabla 3-31. La compacidad de este motor se alinea con uno de nuestros objetivos primordiales, la fabricación de un deshidratador de dimensiones reducidas. Esta característica es crucial para garantizar la congruencia con los parámetros de diseño de un dispositivo de estas características, enfocados en la creación de un deshidratador compacto.

### 3.6. Fuente de calor.

La fuente de calor utilizada en el deshidratador eléctrico es capaz de generar la temperatura necesaria para calentar el flujo de aire requerido dentro del equipo. Esto permite mantener la temperatura deseada y acelerar el proceso de deshidratación de las rodajas de fruta. Dadas las condiciones actuales del deshidratador y considerando la oferta del mercado, se opta por calentar el aire utilizando resistencias eléctricas.



**Ilustración 3-13:** Fuente de calor

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Para un proceso de calentamiento sin humidificación, se aplica la ley de conservación de la masa, lo que implica que la cantidad de aire que ingresa al deshidratador por medio del empuje de las aspas del ventilador es la misma cantidad de aire que sale del sistema. Además, al tratarse de un sistema de presión constante, se utiliza la siguiente ecuación para determinar la cantidad de calor generado por la cámara de resistencias.

$$\dot{Q} = \dot{m}_a * C_p * (T_2 - T_1) \quad (10)$$

Donde:

$Q$ : Calor generado (kW)

$\dot{m}_a$ : Relación de flujo de masa (kg/s)

$C_p$ : Calor específico a presión constante (1.005 kJ/kg °K)

$T_2$ : Temperatura del aire a entrada (°K)

$T_1$ : Temperatura del aire a salida (°K)

Para calcular el valor de flujo de masa se obtiene mediante:

$$\dot{m}_a = \rho * v * A \quad (11)$$

Donde:

$\rho$ : Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$v$ : velocidad del aire (m/s)

$A$ : Área de la cámara de resistencia (m<sup>2</sup>)

$$\dot{m}_a = 0.872 * 1.5 * 0.432$$

$$\dot{m}_a = 0.2825 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{Q} = 0.2825 * 1.005 * (338.15 - 290.85)$$

$$\dot{Q} = 13.43 \frac{kW}{s}$$

Para seleccionar la resistencia, se empleó la potencia eléctrica requerida y la ley de Ohm, hay que aclarar que al ser un equipo semi industrial la instalación eléctrica sea de 220 V,

Ley de Ohm

$$R = \frac{V}{I} \quad (12)$$

Potencia eléctrica

$$P = V * I \quad (13)$$

Reemplazando las ecuaciones tenemos

$$R = \frac{V^2}{P} \quad (14)$$

Donde:

$R$ : Resistencia eléctrica ( $\Omega$ )

$V$ : Variación de potencia (voltios V)

$P$ : Potencia eléctrica (W)

$$R = \frac{220^2}{13.42 * 10^3}$$

$$R = 3.60 \Omega$$

Luego de calcular la potencia eléctrica requerida para calentar el aire y determinar el voltaje adecuado, se encontró que se necesita una resistencia de 4  $\Omega$  en el diseño. Sin embargo, este valor de resistencia implica el uso de un alambre muy delgado, lo cual puede generar dificultades en la transferencia de calor y también podría afectar la resistencia del material a la corriente eléctrica. Esta situación plantea problemas en términos de eficiencia térmica y la capacidad del material para soportar la corriente eléctrica necesaria.

Adicionalmente el amperaje es de 55 A, esto significa mayor inversión en el sistema de control en materiales como en dispositivos eléctricos por lo que se colocó una resistencia:

La resistencia se ubicó en la parte inferior de la cámara del deshidratador, mismas que son de acero galvanizado con las siguientes medidas:



**Ilustración 3-14:** Distribución de niquelinas

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 3-33:** Dimensiones niquelinas

Niquelina N°	Medidas (mm)
1	220x50x220
2	220x150x220
3	220x50x220

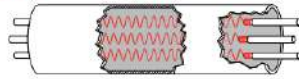
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Dado que las niquelinas desempeñan el papel fundamental de ser la fuente primaria de energía térmica en el sistema, es imperativo ejercer un cuidado meticuloso en su elección. Este enfoque se fundamenta en la necesidad de minimizar el consumo eléctrico y, por consiguiente, reducir los costos inherentes al sistema de control. En consecuencia, se ha decidido adoptar la niquelina tubular de la marca "MULTICOIL", una elección respaldada por sus características de versatilidad y múltiples opciones de fabricación, como se ilustra en la figura siguiente:



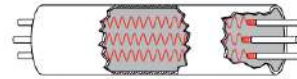
**Options**

**Option A**



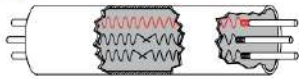
3-phase tubular, 0.475 inch diameter.

**Option E**



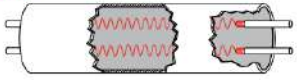
1-phase tubular with three different one phase circuits, 0.475 inch diameter.

**Option C**



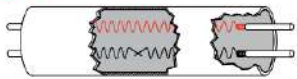
1-phase tubular with one resistance wire and two thermocouples, 0.475 inch diameter.

**Option F**



1-phase tubular with two resistance coils, 0.375, 0.430 and 0.475 inch diameter.

**Option D**



1-phase tubular with one resistance coil and one thermocouple, 0.375, 0.430 and 0.475 inch diameter.

**Ilustración 3-15:** Tipos de niquelinas marca MULTICOIL

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Se optó por la niquelina tipo A debido a que cumple con las especificaciones anteriormente calculadas:

**Tabla 3-34:** Características de la niquelina marca MULTICOIL tipo A

Marca	MULTICOIL
Temperatura máxima de trabajo	650 °C
Diámetro de la niquelina	12 mm
Material de construcción	Acero inoxidable 304
Densidad Watt	6.9 W/cm <sup>2</sup>
Potencia	2.5 KW

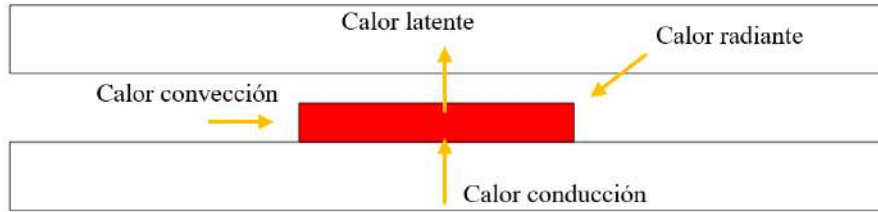
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**3.7. Análisis del proceso al interior de la cámara**

**3.7.1. Tiempo de secado**

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del interior de la cámara de deshidratación con el objetivo de identificar las condiciones que tienen un impacto significativo en el proceso, especialmente en el tiempo requerido para completar el secado.

Como se observa en la figura xxx la fruta cortada para el proceso de deshidratación recibe calor por conducción, convección y radiación, la tasa de transferencia de calor se evaluó el calor por convección debido a que este cubre el 90% del total de calor recibido por el producto. (Cerde y Proaño, 2005)



**Ilustración 3-16:** Representación del calor suministrado al producto.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 3-35:** Propiedades del aire a 65°C

Propiedad	Símbolo	Unidad	Valor
Temperatura	T	°C	65
Velocidad de flujo	V	m/s	1.5
Número de Prandtl	Pr		0.71895
Viscosidad dinámica	$\mu$	Kg/m s	$2.03 \cdot 10^{-5}$
Conductividad térmica	k	W/m°k	0.0284
Densidad	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1.0435

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Para calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección, se procedió a determinar el número de Reynolds.

$$Re = \frac{l * v * \rho}{\mu} \quad (15)$$

Donde:

*Re*: Número de Reynolds

*l*: Longitud unitaria (m)

*v*: Velocidad de flujo (m/s)

$\rho$ : Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$ : Viscosidad dinámica (kg/m s)

$$Re = \frac{0.06 * 1.5 * 1.0435}{2.03 * 10^{-5}}$$

$$Re = 4626.35468$$

**Tabla 3-36:** Número de Reynolds para manzana, piña y banana

Frutas de estudio	Número de Reynolds
Manzana	4626.35468
Piña	6939.532
Banana	2698.707

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

La forma de la rodaja de la manzana, pina y banana se la trató como una placa plana, y una vez obtenido los valores de Reynolds y Prandtl. Se calculo el número de Nusselt utilizando la siguiente fórmula:

$$Nu = 0.664(Re)^{0.5}(Pr)^{0.33} \quad (16)$$

**Tabla 3-37:** Número de Nusselt para manzana, piña y banana

Frutas de estudio	Número de Nusselt
Manzana	40.1485
Piña	49.1717
Banana	30.664

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Utilizando el valor de Nusselt obtenido, se procedió a calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección requerido mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$h = \frac{Nu * k}{L} \quad (17)$$

Donde:

$h$ : Tasa de transferencia de calor (W/m<sup>2</sup>°K)

$Nu$ : Numero de Nusselt

$k$ : Conductividad térmica del aire (W/m°K)

$L$ : Longitud unitaria (m)

**Tabla 3-38:** Tasa de transferencia de calor para manzana, piña y banana

Frutas de estudio	Tasa de transferencia de calor (W/m <sup>2</sup> °K)
Manzana	19
Piña	15.516
Banana	24.88

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Para calcular el tiempo de secado se debe determinar la velocidad de secado. Para ello, se utilizó el valor obtenido de la tasa de transferencia de calor y se aplica en la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{h * A_{Tsec} * (T - T_{bh})}{\Delta H_{gf}} \quad (18)$$

Donde

$R_c$ : Velocidad de secado (kg<sub>agua</sub>/s)

$A_{Tsec}$ : Área total de secado (m<sup>2</sup>)

$T$ : Temperatura de flujo de aire (°K)

$T_{bh}$ : Temperatura de bulbo húmedo (°K)

$\Delta H_{gf}$ : Calor latente o entalpía de vaporización (KJ/kg)

Para objeto de estudio el calor latente es de 2459.52 KJ/kg

**Tabla 3-39:** Velocidad de secado

Frutas de estudio	Velocidad de secado (kg <sub>agua</sub> /s)
Manzana	1.033*10 <sup>-3</sup>
Piña	1.898*10 <sup>-3</sup>
Banana	4.6034*10 <sup>-4</sup>

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

El total de secado se obtuvo al sumar el tiempo de secado en régimen constante y el tiempo en régimen decreciente:

$$t = t_c + t_D \quad (19)$$

Donde:

$t$ : tiempo total de secado (h)

$t_c$ : tiempo de secado en régimen constante (h)

$t_D$ : tiempo de secado en régimen decreciente(h)´

El tiempo de régimen constante se determina con la siguiente fórmula:

$$t_c = \left( \frac{X_{do} - X_{dc}}{3600R_c} \right) C_s \quad (20)$$

Donde:

$t_c$ : Tiempo de secado en régimen constante (h)

$X_{do}$ : Humedad inicial del producto en base seca (kg<sub>agua</sub>/kg<sub>masa seca</sub>)

$X_{dc}$ : Humedad critica del producto en base seca (kg<sub>agua</sub>/kg<sub>masa seca</sub>)

$R_c$ : Velocidad de secado (kg<sub>agua</sub>/s)

$C_s$ : Masa seca de la carga de secado (kg<sub>masa seca</sub>)

Una vez transcurrido el tiempo necesario en el cual el producto se ha deshidratado constantemente, empieza el régimen decreciente en el cual es más lento el secado, zona en la cual el tiempo se determina a través de la siguiente ecuación:

$$t_D = \frac{(X_{dc} - X_d^*) * C_s}{3600R_c} \ln \left( \frac{X_{dc} - X_d^*}{X_{df} - X_d^*} \right) \quad (21)$$

$t_D$ : Tiempo de secado en régimen decreciente (h)

$X_d^*$ : Humedad de equilibrio en base seca (kg<sub>agua</sub>/kg<sub>masa seca</sub>)

$X_{df}$ : Humedad final del producto en base seca (kg<sub>agua</sub>/kg<sub>masa seca</sub>)

**Tabla 3-40:** Tiempo necesario para deshidratar las frutas

Frutas de estudio	Tiempo (h)		
	65 °C	80 °C	100 °C
Manzana	7	5	3
Piña	12	11	8
Banana	7	5	2.5

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.7.2. Calor útil requerido para el proceso de deshidratación.

Con los tiempos de secado anteriormente calculados, se procedió a calcular el calor útil requerido por las frutas de estudio (manzana, piña y banana), mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{util} = \frac{M_{total}}{T_T} * C_{p_{producto}} * (T_f - T_o) \quad (22)$$

Donde:

$Q_{util}$ : Calor útil del producto (kW)

$M_{total}$ : Masa total del producto (kg)

$T_T$ : Tiempo total de secado (s)

$C_{p_{producto}}$ : Calor específico del producto (kJ/kg °K)

$T_f$ : Temperatura final de secado (°K)

$T_o$ : Temperatura inicial de secado (°K)

**Tabla 3-41:** Energía desprendida del producto

Frutas de estudio	Calor útil producido (kW)		
	65 °C	80 °C	100 °C
Manzana	0.07	0.15	0.29
Piña	0.06	0.11	0.23
Banana	0.09	0.15	0.35

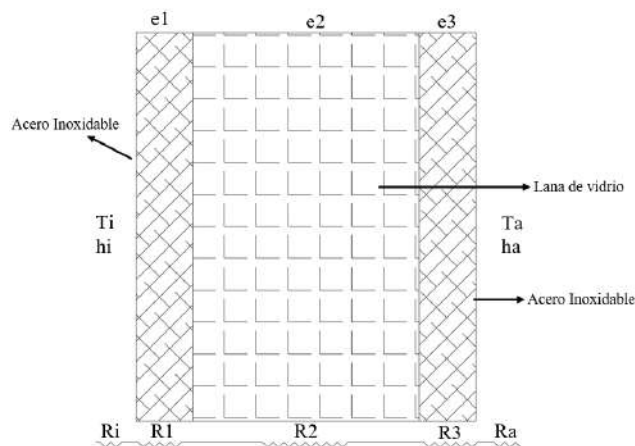
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.8. Pérdida de calor en el deshidratador de frutas

Las pérdidas de calor en los equipos se originan debido a la interacción de varios principios fundamentales de transferencia térmica:

- Convección forzada: este proceso se manifiesta cuando se establece una diferencia de temperatura entre el interior de la cámara de deshidratación y el entorno circundante. El flujo de aire induce a la transferencia de calor desde la región de mayor temperatura hacia la menor temperatura.
- Conducción: La conducción térmica se evidencia a lo largo de las paredes del equipo, donde las moléculas de material sólido interactúan entre sí transmitiendo energía térmica.
- Convección natural: Este fenómeno térmico se presenta en el entorno entre la superficie externa del equipo y el aire de ambiente, las diferencias de densidad entre las masas de aire caliente y frío resultan en un movimiento ascendente del aire caliente y un descenso correspondientes del aire frío.

La cámara del deshidratador está compuesta por dos placas de acero inoxidable separadas por lana de vidrio, mismo que actúa como aislante para evitar pérdidas de calor para así conservar la temperatura de deshidratación. La figura 3-17 representa el circuito eléctrico.



**Ilustración 3-17:** Circuito térmico de una pared

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_o}} \quad (23)$$

Donde

$U$ : Coeficiente global de transferencia de calor ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$ )

$k_1$ : Conductividad térmica del acero inoxidable ( $\text{W/m } ^\circ\text{K}$ )

$k_2$ : Conductividad térmica de la lana de vidrio ( $\text{W/m } ^\circ\text{K}$ )

$k_3$ : Conductividad térmica del acero inoxidable ( $\text{W/m } ^\circ\text{K}$ )

$e_1$ : Espesor del acero inoxidable (m)

$e_2$ : Espesor de la lana de vidrio (m)

$e_3$ : Espesor del acero inoxidable (m)

$h_i$ : Coeficiente de transferencia de calor por convección forzada ( $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ )

$h_o$ : Coeficiente de transferencia de calor por convección natural ( $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ )

**Tabla 3-42:** Conductividad térmica y espesores de los materiales

Material	Conductividad térmica ( $W/m \text{ } ^\circ k$ )	Espesores (m)
Acero inoxidable	20	$6 \times 10^{-4}$
Fibra de vidrio	0.045	0.048

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### 3.8.1. Cálculos de los coeficientes de transferencia de calor internos

Para identificar las variables que intervienen en la ecuación del coeficiente global de transferencia de calor, se lleva a cabo mediante un análisis basado en las propiedades de la temperatura de película, la cual se encuentra determinada mediante la siguiente fórmula.

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (24)$$

Donde:

$T_f$ : Temperatura de la película ( $^\circ C$ )

$T_s$ : Temperatura del aire ambiente ( $^\circ C$ )

$T_\infty$ : Temperatura de trabajo ( $^\circ C$ )

**Tabla 3-43:** Propiedades del aire a temperatura de película

Propiedades	Símbolo	Unidad	Flujo de Película		
			$65^\circ C$	$80^\circ C$	$100^\circ C$
Temperatura	T	$^\circ C$	42	49.5	59.5
Número de Prandtl	Pr		0.7249	0.7229	0.7203
Viscosidad Dinámica	$\mu$	$Kg/m \text{ } s$	$1.9272 \cdot 10^{-5}$	$1.9608 \cdot 10^{-5}$	$2.005 \cdot 10^{-5}$
Viscosidad Cinemática	$\nu$	$m^2/s$	$1.7212 \cdot 10^{-5}$	$1.7932 \cdot 10^{-5}$	$1.8911 \cdot 10^{-5}$

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

El valor resultante del número de Reynolds nos proporciona información crucial sobre el comportamiento del fluido en la región donde está circulando. Basándose en este valor y el número de Prandtl, aplicamos la siguiente ecuación para calcular el número de Nusselt.

$$Nu = \frac{\frac{f}{8}(Re - 1000)Pr}{1 + 12.7 \left(\frac{f}{8}\right)^{0.5} \left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right)} \quad (25)$$

Donde:

$Nu$ : Número de Nusselt

$Re$ : Número de Reynolds

$Pr$ : Número de Prandtl

$f$ : Factor de fricción, que se expresa de la siguiente manera:

$$f = (0.790 \ln Re - 1.64)^{-2} \quad (26)$$

**Tabla 3-44:** Factor de fricción

	Factor de fricción
<b>Cámara</b>	0.0368
	0.0327
	0.0437

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 3-45:** Número de Nusselt a distintas temperaturas de prueba

	Número de Reynolds	Número de Nusselt		
		65°C	80°C	100°C
<b>Cámara</b>	4626.3568	14.50	14.486	14.462
	6939.532	20.87	20.84	20.806
	2698.707	8.215	8.206	8.195

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

El coeficiente de transferencia de calor que más pérdidas de calor provocará es cuando el equipo opera a 65 grados centígrados con un valor de 0.7565 W/m<sup>2</sup> K.

### 3.8.2. Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor externos

Para calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección natural, se analiza el deshidratador de frutas como un cubo expuesto a la temperatura ambiente de la ciudad de Riobamba, para esto inicialmente se debe establecer el coeficiente de expansión térmica que viene dado por la siguiente ecuación:

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (27)$$

Donde:



$\beta$ : Coeficiente de expansión térmica (1/°K)

$T_f$ : Temperatura de película (°K)

**Tabla 3-46:** Coeficiente de expansión térmica.

Temperatura de película, °C (°K)	Coeficiente de expansión térmica (1/°K)
42 (315.15)	$3.17 \cdot 10^{-3}$
49.5 (322.65)	$3.099 \cdot 10^{-3}$
59.5 (332.65)	$3 \cdot 10^{-3}$

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Se aplicó el valor previamente obtenido para calcular el número de Grashof, el cual es pertinente en el contexto de la convección natural, dicho número se representa mediante la siguiente fórmula:

$$Gr = \frac{g \beta (T_s - T_\infty) L_c^3}{\nu^2} \quad (28)$$

Donde:

$Gr$ : Número de Grashof

$g$ : Aceleración gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

$\beta$ : Coeficiente de expansión volumétrica (1/k)

$T_s$ : Temperatura de superficie (°K)

$T_\infty$ : Temperatura del fluido (°K)

$L_c$ : Longitud característica (m)

$\nu$ : viscosidad cinética (m<sup>2</sup>/s)

**Tabla 3-47:** Número de Grashof

Temperatura de superficie °C (°K)	Número de Grashof
65 (338.15)	$6.3289 \cdot 10^8$
80 (353.15)	$7.559 \cdot 10^8$
100 (373.15)	$7.7368 \cdot 10^8$

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

A continuación, se obtiene el número de Rayleigh, mediante la siguiente expresión:

$$Ra = Gr \cdot Pr \quad (29)$$

Donde:

$Ra$ : Número de Rayleigh

**Tabla 3-48:** Número de Rayleigh

Número de Prandtl	Número de Rayleigh
0.7249	4.587 10 <sup>8</sup>
0.7229	5.464 10 <sup>8</sup>
0.7203	5.572 10 <sup>8</sup>

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Una vez obtenido el valor de Ra, se procedió al cálculo del número de Nusselt según la siguiente expresión:

$$Nu = \left\{ \frac{0.6 + 0.387(Ra)^{1/6}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (30)$$

Donde:

Nu: Número de Nusselt

Ra: Número de Rayleigh

Pr: Número de Prandtl

**Tabla 3-49:** Número de Nusselt

Número de Nusselt
89.026
94.046
94.577

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

El calor por convección natural es de 3.29 W/m<sup>2</sup> K. Una vez obtenido estos valores reemplazamos en la ecuación 15, obteniendo coeficiente global de transferencia de calor de 0.36 h W/m<sup>2</sup> K, la diferencia entre temperaturas es de 81 °C (354.15 K), en un área transversal de 0.64 m<sup>2</sup>, obteniendo así una pérdida de calor de 18.66 W, estos cálculos se realizó para cada una de las paredes del deshidratador para frutas dando como resultado unas pérdidas de calor de 67.16 W

### 3.9. Diseño de materialización del equipo

#### 3.9.1. *Espesor de chapa metálica*

Según (Hansen Industries Ltd., 2017), las piezas conformadas por chapa metálica se fabrican a partir de una plancha de metal, por lo que la pieza debe tener una pared con espesor uniforme.

Existen planchas de acero inoxidable de varios espesores, sin embargo, para todo el cuerpo se empleó una plancha de 0.6 mm AISI A240/A480 de calidad 430, con una composición ferrítica, ya

que, gracias a su ductilidad, maleabilidad y resistencia a la corrosión, ofreció las características necesitadas para el equipo. Para los soportes en donde van los rieles de las bandejas se utilizó una plancha de acero inoxidable de 1.5 mm de espesor, y para los bordes de las bandejas se utilizó una plancha de 1 mm de espesor.

Para determinar el espesor mínimo con el cual se puede trabajar en chapa metálica, se pueden seguir algunas recomendaciones brindadas por (GoProto, 2020), en la siguiente tabla se muestran los espesores mínimos que se pueden hallar de chapa metálica en el mercado.

**Tabla 3-50:** Espesores recomendados de chapa metálica para diferentes materiales

Alloy	Minimum (in.)	Maximum (in.)
Al 5052	0.012	0.126
Brass C2680	0.008	0.157
Copper (C1100)	0.012	0.157
Stainless Steel	0.003	0.315
Cold Rolled Carbon Steels -	-	-
Commercial Quality (SPCC)	0.020	0.126
Electrogalvanized, Zinc Plated (SECC)	0.016	0.079
Hot Dip-Galvanized (SGCC)	0.020	0.157
Tin-Plated (SPTE)	0.006	0.031
Beryllium Copper (C1720)	0.003	0.020
Nickel Silver (C7521)	0.004	0.024
Phosphor Bronze (C5191)	0.003	0.079
Spring Steel (SK7), Un-treated	0.008	0.236
Spring Steel (SK7), Heat-treated	0.024	0.063
Hot Rolled Steel (SPHC)	0.047	0.236

Fuente: GoProto, 2020

### 3.9.2. *Parámetros para el plegado de chapa metálica*

Se consideraron los parámetros más importantes que afectarán al diseño del equipo, como radio de plegado o doblado, desahogos y dobladillos para chapa metálica. Aunque existen más parámetros, estos fueron los utilizados primordialmente para el diseño y manufactura del deshidratador de frutas.

#### 3.9.2.1. *Radio de plegado*

Según (Alibre Design, 2003), el radio mínimo de doblado constituye un parámetro de control dentro del conformado de chapa metálica ya que evita que se produzcan esfuerzos de rotura en las fibras del material debido a los concentradores de esfuerzos que ocasiona utilizar radios muy reducidos.

En la siguiente tabla se muestran los radios mínimos recomendados, para el doblado de chapa metálica de acuerdo con su espesor y su resistencia a la tracción.

**Tabla 3-51:** Espesores mínimos para aceros con diferentes resistencias a la tracción

Tipos de acero con Rt	Para espesor s (mm) hasta															
	1	1.5	2.5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	Radio de doblado r <sub>min</sub> recomendado															
hasta 40 Kg/mm <sup>2</sup>	1	1,6	2,5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	36	40	
de 40 a 50 Kg/mm <sup>2</sup>	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	36	40	45	
de 50 a 65 kg/mm <sup>2</sup>	1,6	2,5	4	5	5	8	10	12	16	20	25	32	36	40	50	

Fuente: Alibre Design, 2003

Para el radio de curvatura de la chapa metálica, se utilizó 1 mm ya que es el más común en las dobladoras de chapa.

### 3.9.2.2. Desahogos en chapa metálica

El desahogo también es importante ya que a menos que se realice un desahogo de la curva, el material puede desgarrarse cuando se hace una curva cerca de un borde. Los cortes de desahogo deben tener una longitud mayor que el radio de la curva y una anchura al menos igual al espesor del material.

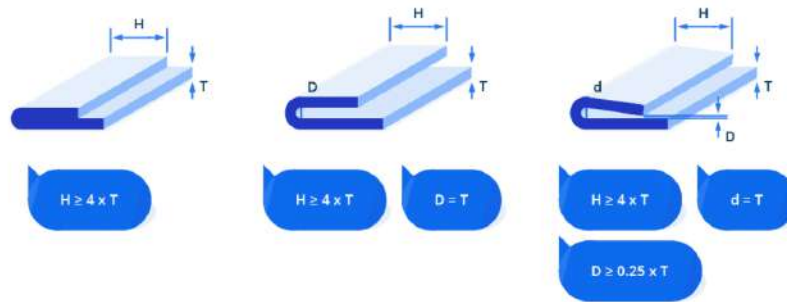


**Ilustración 3-18:** Desahogos para el plegado de chapa metálica

Fuente: Xometry, 2018

### 3.9.2.3. Doblados en chapa metálica

Se optó por realizar doblados para poder reforzar y hacer más seguros los bordes. Existen varios tipos de doblados como; doblados cerrados, abiertos y de lágrima, los cuales aportan diferentes ventajas dependiendo del objetivo del diseño. Para el presente trabajo se optó por realizar un doblado cerrado



**Ilustración 3-19:** Tipos de dobladillos para el plegado de chapa metálica

Fuente: Xometry, 2018

### 3.9.3. Aislante térmico

Un tipo de material de aislamiento hecho de hilos de vidrio fino es la fibra de vidrio. Tiene altas propiedades de aislamiento debido a su estructura única, que consiste en numerosos pequeños agujeros de aire atrapados dentro de las fibras. Estas bolsas de aire reducen la transferencia de energía térmica a través del material al actuar como barreras para la transferencia de calor. La baja conductividad térmica de la fibra de vidrio es una ventaja importante como aislamiento térmico. La propiedad permite la limitación del flujo de calor a través de paredes, techos y pisos, manteniendo las temperaturas internas estables independientemente del clima exterior. Como resultado, las estructuras equipadas con aislamiento de vidrio experimentan una disminución de la pérdida de calor durante los meses fríos y una mejor retención de calor durante los meses cálidos.

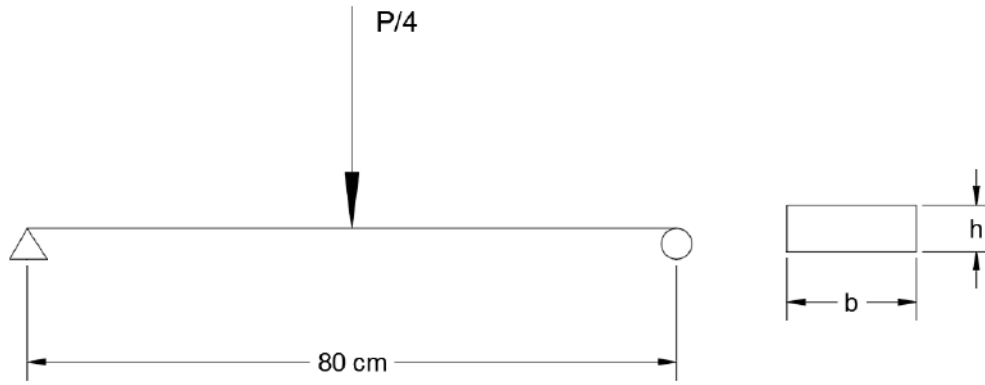
Los resultados obtenidos en la pérdida de calor en el deshidratador de frutas nos muestran un espesor requerido de 4.8 cm, sin embargo, hemos utilizado 5 cm de espesor para poder ubicar la fibra de vidrio en las paredes.

## 3.10. Diseño de materialización del soporte para el deshidratador de frutas

### 3.10.1. Diseño de los apoyos planos para el equipo

Para evitar que el cuerpo del equipo esté en contacto con el suelo ocasionando su desgaste con el tiempo, se optó por diseñar y equipar al equipo un soporte con tubos estructurales. Para ello primero se diseñó la base donde se ubicará el equipo, asumiéndolo como una viga simplemente apoyada.

Dado que se tiene 2 tipos de vigas dependiendo de la orientación del equipo, una con una longitud de 80 cm y otra con longitud de 64 cm, se tomó la viga que tiene una longitud más larga ya que al aplicarse la misma carga, lo que afectará el momento flector máximo, será la longitud de la viga.



**Ilustración 3-20:** Esquema de la viga simplemente apoyada

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Donde  $P$  es el peso del equipo con carga llena, debido a que los soportes van a ser simétricos para el deshidratador de frutas, y al diseñar 4 apoyos para el equipo, se consideran como 4 vigas que están dando apoyo al deshidratador de frutas, por eso se tomó la cuarta parte del peso del deshidratador de frutas.

Para obtener el peso del equipo, se debe considerar tanto la carga de la fruta, la de la chapa metálica, y la lana de vidrio. El peso de la materia prima, como ya se mencionó anteriormente, puede estar en un rango de 10 a 15 kg dependiendo del tipo de fruta y su porcentaje de humedad.

Tomando en cuenta el peso de 15 kg para trabajar con carga crítica, se determina el peso del equipo con chapa metálica tomando en cuenta el peso de la chapa metálica A240/A480 de calidad 430, con un peso por hoja de 13.7 kg, y dado que se utilizaron aproximadamente 2 hojas entonces el peso total del equipo con chapa metálica es de 27.4 kg.

El peso de la fibra de vidrio se estimó a partir del área que recubre las paredes del equipo multiplicada por el espesor o el espacio que se dejó para la lana de vidrio, 5 cm. Multiplicando este valor por 3 nos da el volumen total que utilizará la fibra de vidrio en el equipo.

$$V_{\text{fibra de vidrio}} = 3(0.90 * 0.8 * 0.05)$$

$$V_{\text{fibra de vidrio}} = 0.108 \text{ m}^3$$

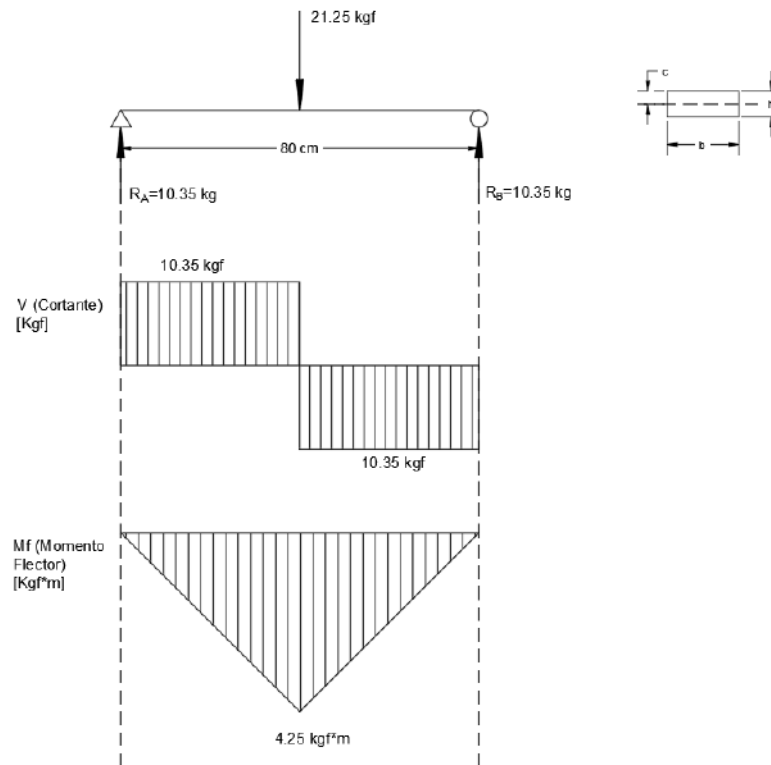
Finalmente, para obtener el peso del aislante en el equipo, se tomó el peso del saco de fibra de vidrio y se calculó un estimado del volumen del recipiente en el que vino. Sabiendo que el saco de fibra de vidrio pesaba 65 kg, dividido para una idealización de un cilindro como su saco con volumen de  $0.26 \text{ m}^3$ . Se obtiene que su densidad es de  $250 \text{ kg/m}^3$ .

$$W_{\text{fibra de vidrio}} = V_{\text{fibra de vidrio}} * \rho_{\text{fibra de vidrio}}$$

$$W_{\text{fibra de vidrio}} = 0.108 \text{ m}^3 * \left(250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$W_{\text{fibra de vidrio}} = 27 \text{ kg}$$

Una vez se obtuvieron todos estos pesos, se obtiene el peso total de 69.4, a este valor se agregó el 20% extra de su peso para estimar el peso de las bandejas, del ventilador y de la niquelina. Obteniendo así un peso de 83.28 kg, para diseñar los soportes se trabajó con un peso de 85 kg. Obtuvimos el diagrama cortante y momento flector en nuestra viga para obtener las dimensiones de nuestra sección transversal, el cual se muestra en la siguiente ilustración:



**Ilustración 3-21:** Diagrama de cortante y momento flector de la viga

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Una vez se obtuvo el momento flector máximo que afecte a la viga, se puede diseñar la sección transversal de la misma a través del esfuerzo de flexión en la viga:

$$\sigma_f = \frac{Mf * c}{I} \quad (31)$$

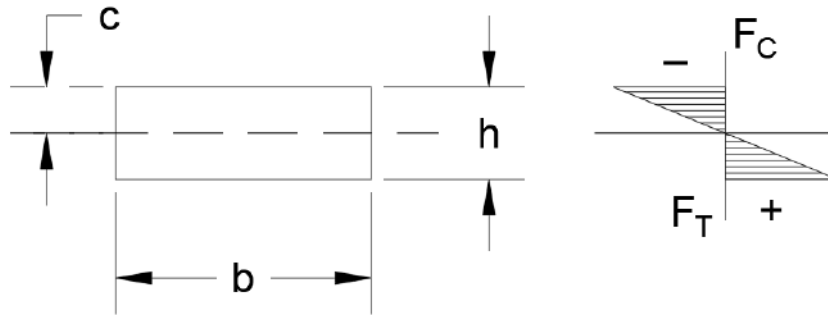
Donde:

Mf: momento flector máximo en la viga

c: distancia desde el eje de flexión a la fibra externa más cercana

I: momento de inercia requerido

Para poder obtener la distancia desde el eje de flexión, podemos esquematizar



**Ilustración 3-22:** Diagrama de tensiones para la sección transversal

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Se seleccionó un ángulo en acero inoxidable del catálogo DIPAC, ya que se necesita algo que de soporte a la máquina para que no se deslice, esto no implicó ningún tipo de cálculo debido a que no se ejerce ningún tipo de esfuerzo, el material del ángulo tiene una calidad AISI 304, y asumiremos un valor de  $b$  de 40 mm, con un valor de resistencia a la fluencia de  $18 \text{ kg/mm}^2$ .

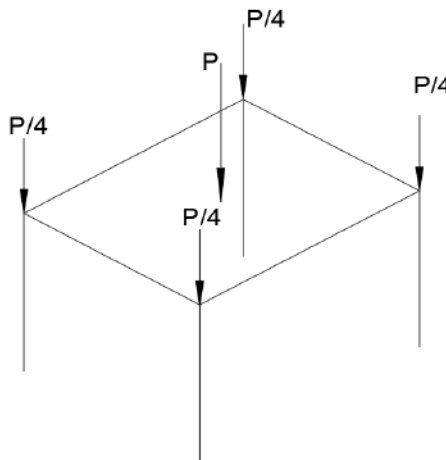
$$18 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} = \frac{(4250 \text{ kg} * \text{mm}) * \frac{h}{2}}{\frac{1}{12} b h^3}$$

$$h = 5.95 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}$$

Con la altura de la sección calculada, se obtiene que se necesita un espesor de 6 mm para evitar que dicho perfil se deforme dentro de la región plástica. Con lo cual se escogió un ángulo de  $1 \frac{1}{2}$ " x 40 x 6 mm.

### 3.10.2. Diseño de las columnas por pandeo

Se realizó el diseño de las columnas tomando en cuenta la carga crítica para cada una de ellas, mediante la fórmula de Euler y el esfuerzo a compresión del material. Dado que se utilizó el catálogo DIPAC, se basó la selección del material en un tubo cuadrado de acero inoxidable.



**Ilustración 3-23:** Peso repartido del equipo

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



Para poder estimar la carga crítica de pandeo de las columnas, se repartió el peso total del equipo en 4 partes iguales, siendo el peso del equipo de 85 kg, y el peso en cada columna de 21.25 kg. Aplicando la ecuación de la fuerza crítico para que ocurra el pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2}$$

Donde:

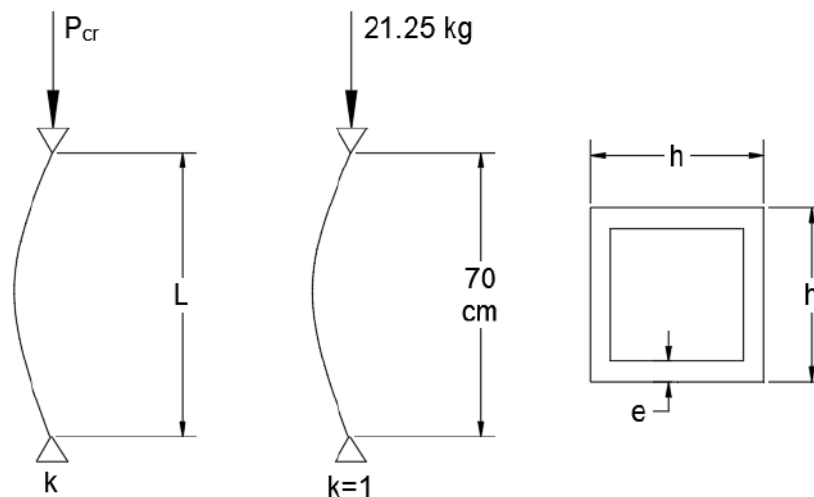
$P_{cr}$ : carga crítica

$E$ : módulo de elasticidad del material

$I$ : momento de inercia de la sección transversal del perfil

$k$ : factor de condiciones de apoyo en los extremos

$L$ : longitud de la columna



**Ilustración 3-24:** Pandeo de la columna y su sección transversal

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Utilizando los datos que tenemos, vamos a calcular la carga crítica que puede causar el pandeo en la columna a partir de una preselección de un perfil, y se verificará con la carga de 21.25. El perfil seleccionado fue del catálogo DIPAC de lado 1 ¼ in y un espesor de 1.2 mm de material de calidad AISI 304 con un módulo de elasticidad de 200 GPa, el momento de inercia corresponde a una sección cuadrada.

Para determinar el factor k, se debe determinar los tipos de apoyos que existen en las columnas, se utilizó un valor de 1 y una longitud estimada por el criterio de los autores de 70 cm.

La inercia de la sección transversal corresponde a una sección cuadrada hueca, donde se la expresó de la siguiente forma:

$$I = \frac{h_o^4}{12} - \frac{h_i^4}{12}$$

Donde  $h_o$  es el lado del cuadrado exterior y  $h_i$  del cuadrado interior, sin embargo  $h_i$  se la puede expresar en función de  $h_o$  restando su espesor.

$$I = \frac{1}{12}(h^4 - (h - e)^4)$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \left( 2.957 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2} \right) \left( \frac{1}{12} (3.175 \text{ cm}^4 - (3.175 \text{ cm} - 1.2)^4) \right)}{(1 * 70 \text{ cm})^2}$$

$$P_{cr} = 42885 \text{ kg}$$

La carga crítica de pandeo es sumamente superior a la carga aplicada en cada una de las columnas, con lo cual, con un perfil cuadrado de lado 1 ¼ in y un espesor de 1.2 mm cumplió con nuestras necesidades.

### 3.10.3. Diseño de las columnas por esfuerzo de compresión

Para diseño de las columnas por compresión simplemente se efectuó el cálculo del esfuerzo aplicado y se lo comparó con el esfuerzo permisible del material.

El esfuerzo de compresión aplicado en la columna está expresado de la siguiente manera:

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

Donde:

F: fuerza aplicada a la columna

A: sección transversal del perfil

El perfil preseleccionado como ya se mencionó, fue un perfil cuadrado de lado 1 ¼ in y de espesor de 1.2 mm de acero inoxidable del catálogo DIPAC, esta sección posee un área en su sección transversal de 0.096 in<sup>2</sup> o 61.94 mm<sup>2</sup>. Dado que el material es de calidad AISI 304, el esfuerzo permisible o esfuerzo de fluencia del material es de 18  $\frac{kg}{mm^2}$

$$\sigma_c = \frac{21.25 \text{ kg}}{61.94 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_c = 0.34 \frac{kg}{mm^2}$$

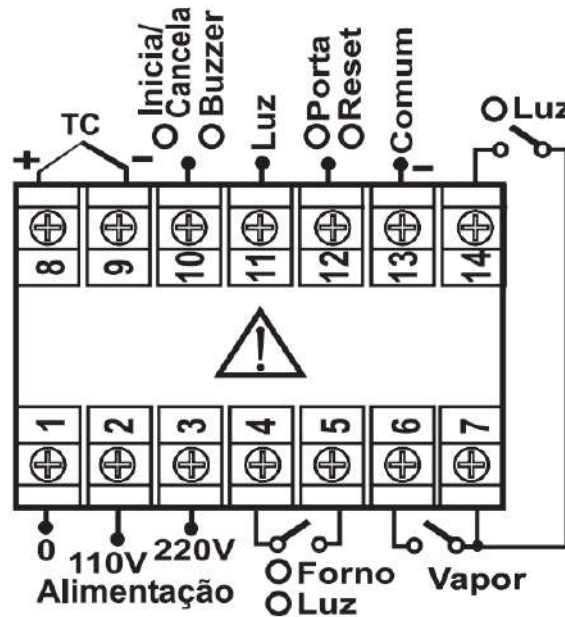
$$S = 18 \frac{kg}{mm^2}$$

$$\sigma_c < S$$

Se observó que el esfuerzo de compresión calculado a partir de la carga aplicada en la columna de 21.25 kg es mucho menor que el esfuerzo de compresión admisible dentro de la zona de fluencia del material AISI calidad 304. Lo que nos ofreció una preselección válida del perfil cuadrado del catálogo DIPAC, dándonos un diseño completamente seguro.

### 3.11. Automatización del deshidratador de frutas

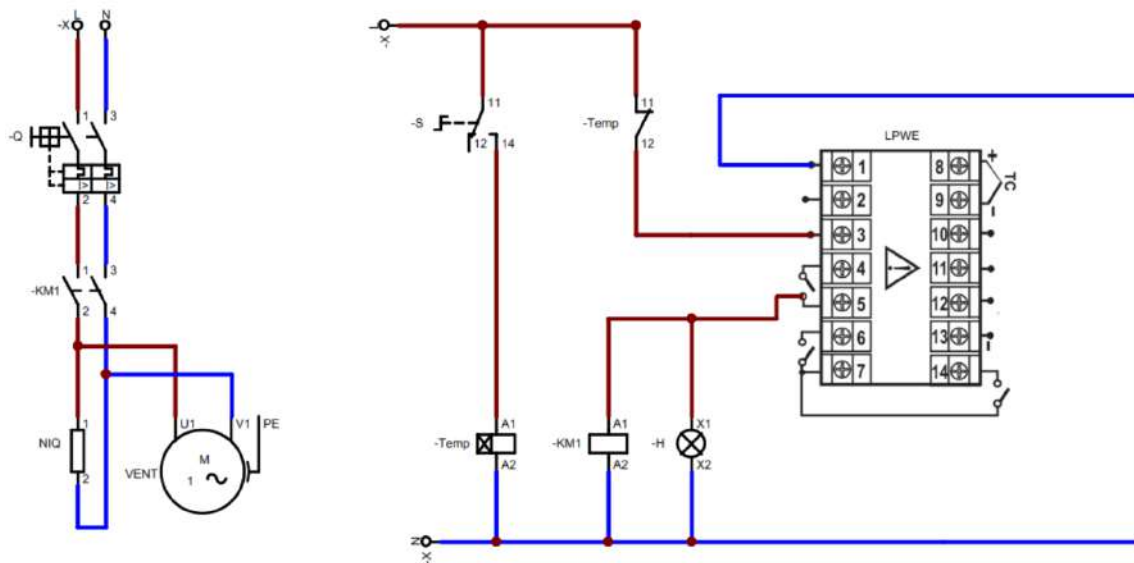
Para la automatización o control del deshidratador de frutas se optó por un diseño práctico y amigable con el usuario, gracias al módulo de control de temperatura de la empresa COEL, modelo LWPE, facilitó el diseño de este, ya que cuenta con un módulo PID integrado para mantener una temperatura estable. En adición a dicho componente, se utilizaron otros de vital importancia para obtener un control integrado, mejorando su operabilidad. En la siguiente imagen se observa los terminales del módulo de control de temperatura del modelo LWPE.



**Ilustración 3-25:** Terminales del control LWPE

Fuente: COEL 2020

En la siguiente ilustración, se muestra el esquema eléctrico para la automatización del deshidratador de frutas.



**Ilustración 3-26:** Esquema eléctrico para el tablero de control del deshidratador de frutas

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Para un mejor entendimiento del esquema, se ha separado la automatización en una sección de potencia y una parte para el control.

En la parte de potencia, se encuentra simplificado en esquema del accionamiento de los componentes: la niquelina o resistencia calefactora y el motor integrado del ventilador. En primera instancia se colocó un disyuntor o un breaker (-Q). Para que el equipo esté en funcionamiento, (-Q) debe estar accionado, en caso de una sobrecarga o cortocircuito, el fusible integrado dentro del disyuntor se romperá, desactivando el accionamiento del equipo.

Luego encontramos el contactor (-KM1) que representa el mismo contactor en la parte de control, el cual, al momento de activar su bobina, este se accionará, dejando pasar la corriente hacia los componentes deseados, los cuales están representados por (NIQ) para la niquelina o resistencia calefactora y (VENT) para el motor que moverá las aspas del ventilador.

En la segunda sección, se ubicó los componentes que permiten el control o el accionamiento de la niquelina y el ventilador, en primer lugar, se optó por colocar un conmutador o perilla de accionamiento para su encendido y apagado, eso permitirá que la bobina del temporizador a un tiempo ya configurado se active, activando el contacto de la misma denominación, posterior a ello, se dará una señal al módulo de control de temperatura LPWE, activando el contacto (-KM1) y la luz piloto.

El temporizador seleccionado fue de la marca Camco, modelo AH3, por su gran precisión a pesar de ser un temporizador analógico de perilla, brindando un fácil cambio en el rango de tiempo desde los 0,1 s hasta 30 horas.

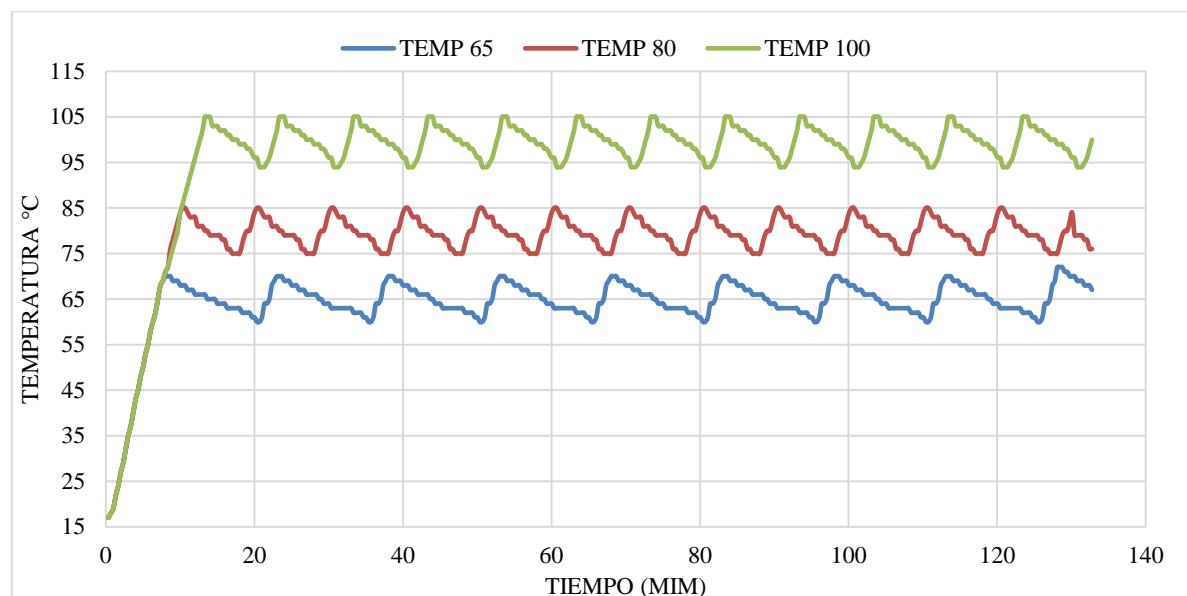


**Ilustración 3-27:** Temporizador Camsco AH3

Fuente: Camsco 2021

### 3.11.1. Estabilización de la temperatura de control LWPE

Con el propósito de identificar la estabilización de temperatura del módulo de control LWPE, se estableció un estudio para determinar si el módulo adquirido era funcional y qué rango de error tenía en su estabilización en función del tiempo. En la ilustración mostrada a continuación se observan los datos obtenidos de temperatura en un tiempo de 130 minutos.



**Ilustración 3-28:** Estabilización de la temperatura del módulo de control LWPE

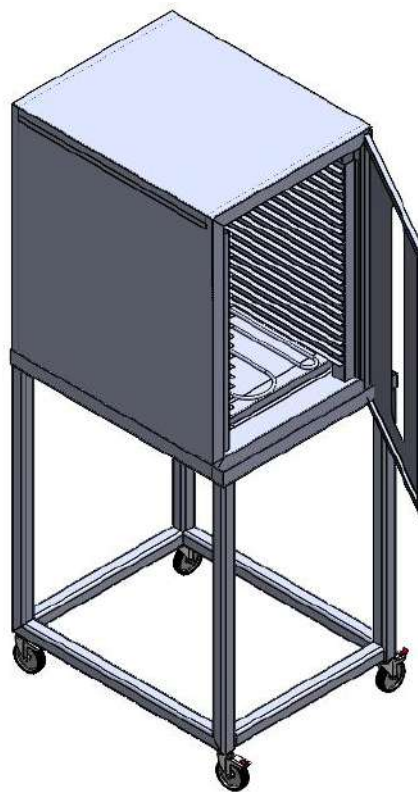
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Tras la obtención de curvas de estabilización de las temperaturas de referencia utilizadas para las pruebas de deshidratación: 65, 80 y 100 °C, se constata un intervalo de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  en el que el módulo

activa y desactiva la niquelina para alcanzar el rango deseado de temperatura. En términos precisos, se constata una variación de temperatura equivalente a cinco grados centígrados con relación al ajuste preestablecido. Asimismo, se evidencia que el periodo de control exhibe un comportamiento periódico uniforme a lo largo de todas las diferentes temperaturas analizadas, por lo que se concluye que el módulo adquirido no presenta defectos, y es adecuado para su aplicación.

### **3.12. Modelación 3D y obtención de planos de detalle del deshidratador de frutas**

Con el objetivo de obtener las dimensiones y geometría del equipo previo a su construcción, fue necesario realizar una modelación 3D del mismo, tomando como base las dimensiones generales de la cámara de deshidratación, o volumen interno de trabajo y las medidas externas, las cuales son necesarias para determinar el espacio que ocupará el deshidratador de frutas dentro de la planta de producción.



**Ilustración 3-29:** Modelado deshidratador eléctrico  
para frutas

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### **3.13. Construcción del deshidratador de frutas**

Se utilizaron planos de detalle para la construcción y manufactura de cada una de las partes del deshidratador de frutas, detallando los materiales a utilizar, las dimensiones de cada parte, y cualquier observación extra que tuviera que hacerse. Teniendo en cuenta la magnitud del proyecto técnico constructivo, primero se realizó un análisis de costos previos para determinar un ponderado

de los precios de cada parte del deshidratador de frutas, además de las herramientas, el costo de mano de obra y las máquinas a utilizar como se muestra en la parte del análisis de costos.

Para el proceso de construcción se dividió en zonas de trabajo dentro del taller para la manufactura de cada parte del equipo, de manera que facilitó su metodología de construcción, organizando dichas zonas con los cronogramas propuestos. El primer proceso de manufactura que se realizó fue el de doblado, en esta fase se trazaron y cortaron adecuadamente la materia prima o las hojas de chapa metálica en acero inoxidable ya sea con tijeras o soplete de acetileno según los planos de detalle generados de antemano, en esta etapa se abarcó la gran mayoría de partes, debido a la predominancia de la chapa metálica en el proyecto; como el cuerpo del equipo, la protección de la fibra de vidrio, la puerta de seguridad, los soportes para los rieles y los rieles.

Los siguientes procesos incluyen el esmerilado, la soldadura la colocación de la lana de vidrio, corte de la malla electrosoldada y la automatización o control, cada uno de ellos aportó en gran parte al aprendizaje continuo en la ingeniería aplicada, a partir de la ingeniería de detalle que fue el primer paso en estos procesos.

#### **3.13.1. Proceso de cortado**

El proceso de cortado en chapa metálica fue el primer paso en la manufactura del deshidratador de frutas, una vez hallado el dimensionamiento correcto de la máquina, y con los planos de detalle del mismo, se puede generar la geometría en dos dimensiones para saber la cantidad de chapa metálica que se va a utilizar.

Existen muchos procesos de cortado de chapa metálica, ya sea por cizallamiento, corte láser o por plasma. Dependiendo de los diferentes espesores de chapa metálica que se utilizaron, de los anteriores métodos ya mencionados se ocuparon dos, cizallamiento y corte por plasma. Para un espesor de 0.6 mm de espesor de la plancha de acero inoxidable, se utilizó cizallamiento por medio de tijeras, y para los espesores de 1 mm y 1.5 mm respectivamente, se utilizó el corte por plasma.



**Ilustración 3-30:** Proceso de cortado de la chapa metálica.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### ***3.13.2. El proceso de cortado en chapa metálica***

El proceso de doblado de chapa metálica deforma plásticamente el material para crear ángulos, curvas y formas específicas. Se comenzó con la limpieza de la chapa, luego, la hoja de metal tuvo que colocarse en la prensa plegadora y usarse con un troquel para aplicar suficiente fuerza para doblarla al ángulo deseado.

La lámina de metal tiende a recuperar su forma original hasta cierto punto después de la flexión, por lo que se consideraron las propiedades compensatorias del material. La precisión es importante, por lo que se utilizaron instrumentos de medición como escuadras y calibradores vernier para garantizar que las dimensiones se adhirieran a las especificaciones detalladas del dibujo.



**Ilustración 3-31:** Proceso de cortado de la chapa metálica.

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### ***3.13.3. Proceso de soldadura***

El proceso de soldadura de chapa metálica en acero inoxidable consiste en fusionar y solidificar los bordes de dos piezas de este material y evitar que se separen. En primer lugar, se comenzó con la preparación de las componentes a unir, que en cualquier proceso de soldadura, dichas partes deben estar limpias y libres de contaminantes para garantizar una soldadura de alta calidad, para ello se utilizó un esmeril y pulidora para lograr que la superficie se encuentre en el estado deseado. Para evitar la formación de grietas o defectos al soldar chapas de acero inoxidable, fue necesario controlar minuciosamente la temperatura y la velocidad de enfriamiento para evitar que el material se oxide y se contamine durante el proceso de soldadura. En el proceso de soldadura para la construcción del deshidratador de frutas se utilizaron dos tipos de soldaduras, soldadura SMAW y soldadura autógena.





**Ilustración 3-32:** Proceso de soldadura para el equipo

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### **3.13.4. Colocación de la fibra de vidrio**

El uso de fibra de vidrio como aislante térmico reduce la transferencia de calor entre temperaturas diferentes. Debido a su capacidad para resistir la conducción de calor, la fibra de vidrio es un material aislante muy efectivo y se utiliza ampliamente.

La colocación de fibra de vidrio como aislante térmico es un método efectivo para mejorar la eficiencia energética de las edificaciones y estructuras porque ayuda a mantener las temperaturas estables y reduce la pérdida de calor en invierno y el ingreso de calor en verano. Además, ayuda a reducir los costos de energía y a crear un entorno interior más controlado y agradable.

El proceso de colocación de fibra de vidrio como aislante térmico generalmente involucró: la preparación del área, la colocación y fijación de la lana en los espacios designados y finalmente se tuvo que sellar el espacio con lana de vidrio con otra chapa metálica.



**Ilustración 3-33:** Colocación de la lana de vidrio.

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### ***3.13.5. Corte de la malla electrosoldada***

Las bandejas de malla de acero inoxidable es una opción muy viable para el deshidratador de frutas, debido a que tiene espacios que permiten una mejor transferencia de calor que con una bandeja de sección llena. La malla utilizada fue una malla de alambre de acero inoxidable, con aberturas cuadradas de dimensiones 4x4 mm, con un alambre fino de 1 mm de diámetro o de espesor, Para crear una bandeja a partir de malla electrosoldada, primero se debe cortar la malla al tamaño deseado de acuerdo con las dimensiones brindadas por los planos de detalle. Luego, se debe doblar la malla a lo largo de los bordes para crear un canal, o en su defecto crear marcos de acero inoxidable como se lo realizó en este caso.



**Ilustración 3-34:** Corte de la malla electrosoldada.

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

### **3.13.6. Tablero de control**

El proceso para la manufactura del tablero de control para la automatización del deshidratador de frutas se lo realizó con el objetivo para controlar el proceso de deshidratación de forma automática, mediante una interfaz amigable con el usuario para mejorar la calidad de productos deshidratados, aumentando la producción y reducir los costos.

Primero se seleccionó el módulo de temperatura que se implementó, siendo el modelo LWPE de la empresa COEL, que manipulará el accionamiento de las niquelinas y el ventilador, este módulo ya viene integrado con un módulo PID para mantener la temperatura estable en el volumen de trabajo. En adición, se seleccionó los componentes necesarios para el proceso de automatización, un contactor, una perilla o conmutador, un disyuntor o breaker, una luz piloto y un temporizador.



**Ilustración 3-35:** Proceso de automatización.

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

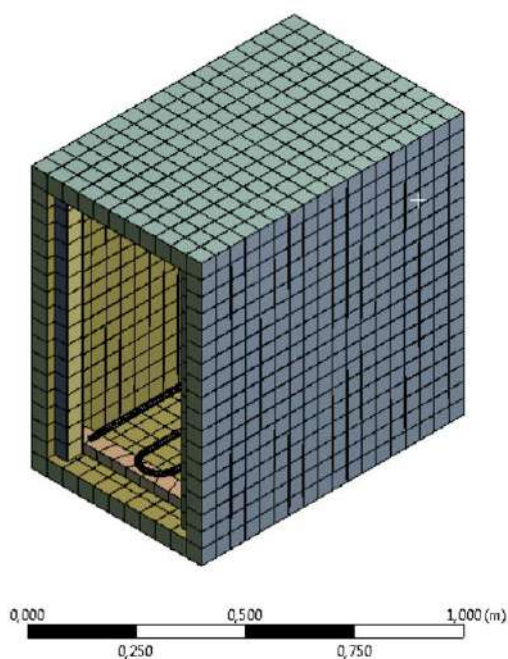
#### 4.1. Validación del equipo mediante el método de elementos finitos

##### 4.1.1. Análisis térmico estacionario

Fue necesario simplificar el modelo 3D para la simulación por elementos finitos, eliminando los componentes innecesarios para evitar la sobrecarga al procesador del equipo al momento de realizar la malla del modelo.

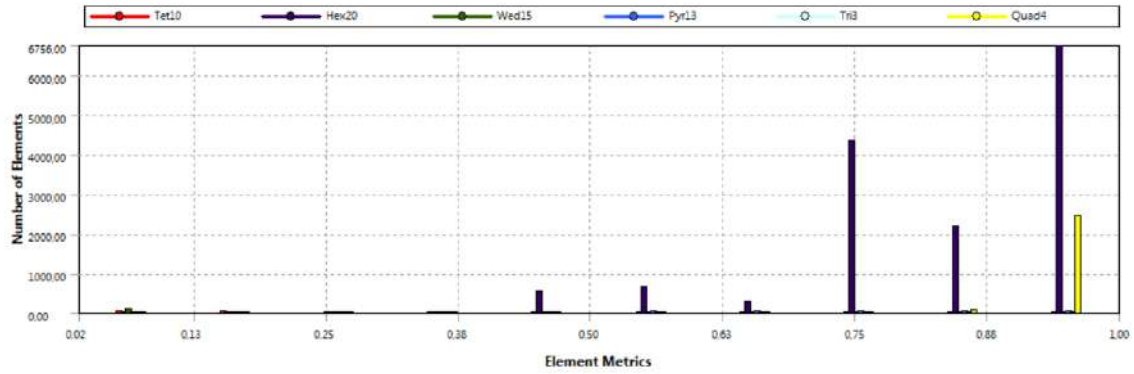
Aunque la mejor manera de realizar el mallado es por superficies, debido a que para el método de elementos finitos la simplificación a un análisis 2D es mucho más exacta. En el módulo de estudio térmico estacionario del software ANSYS se importó el modelo a partir de un software de modelación 3D en formato step. Se asignaron correctamente los materiales para verificar la pérdida de calor en las paredes debido al aislante térmico de fibra de vidrio.

Para el análisis 3D, la generación de la malla tiene que ajustarse de acuerdo a métodos de mallado, para obtener una calidad de malla uniforme y alta de acuerdo al criterio que se vaya a seguir, una vez finalizado este proceso obtendremos una malla uniforme, en la cual evaluaremos el promedio de malla por el criterio de “Element Quality”



**Ilustración 4-1:** Mallado del modelo 3D

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



**Ilustración 4-2:** Estadísticas de la calidad de malla

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

A continuación, se muestran los valores obtenidos para la calidad de malla por el criterio de “Element Quality”. Para el cual, la mejor calidad de malla tiene el valor de 1, y la peor 0.

De acuerdo al análisis de mallado realizado en ANSYS, se obtuvo los valores mostrados en la tabla 4-1, dando un resultado promedio de 0.85, valor que nos indica que el 85% de elementos tienen una alta calidad de malla.

**Tabla 4-1:** Valores estadísticos de la calidad de malla

Mesh Metric	Element Quality
Mínimo	0.015758
Máximo	0.9982
Promedio	0.85354
Desviación estándar	0.15661

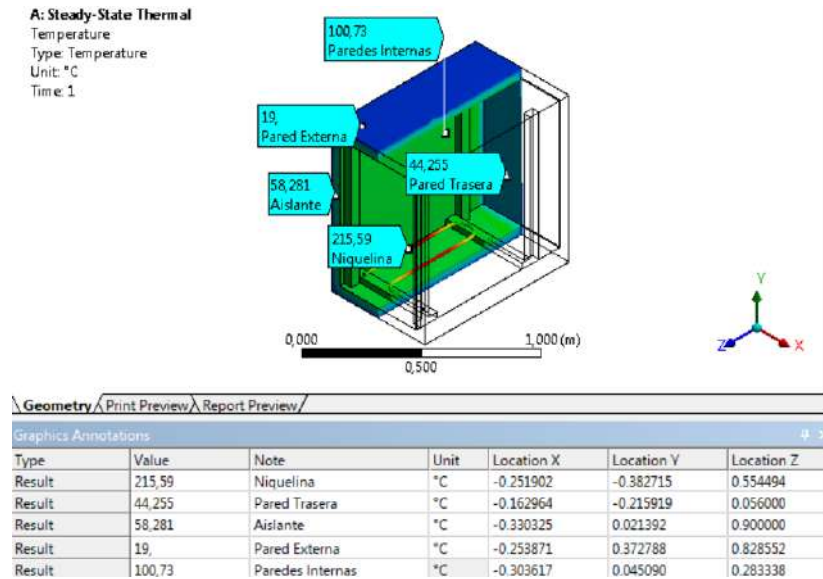
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Una vez realizado la simulación térmica, se obtuvo las siguientes temperaturas en el interior de la cámara como se muestran en la tabla 4-2.

**Tabla 4-2:** Valores de temperatura del equipo

Superficie	Temperatura
Paredes externas	22°C
Paredes internas	100°C
Niquelina	170°C

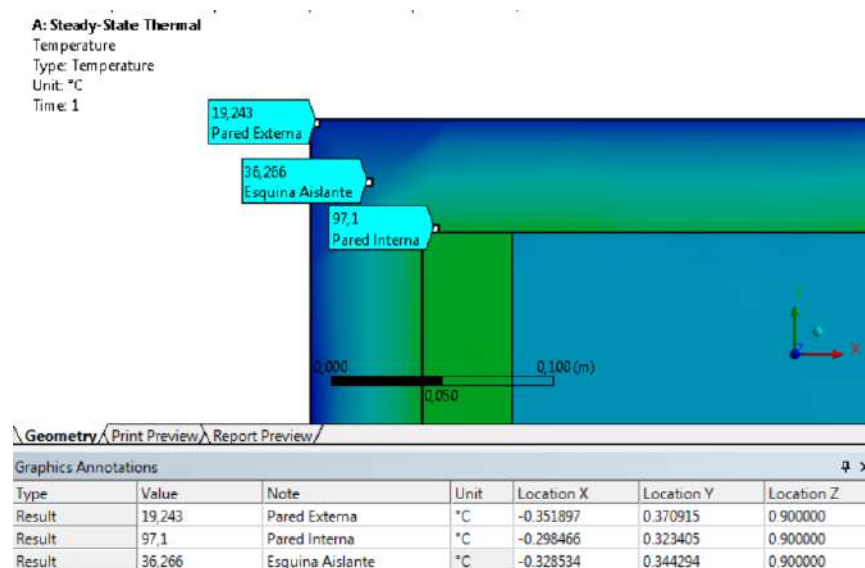
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



**Ilustración 4-3:** Análisis estacionario de temperatura en el equipo

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Gracias al análisis realizado, se pueden obtener la validación de la fibra de vidrio como un buen aislante térmico, reduciendo la temperatura interna de la cámara de deshidratación de los 100°C a la temperatura de las paredes a 19 °C.



**Ilustración 4-4:** Análisis estacionario para las temperaturas de las paredes

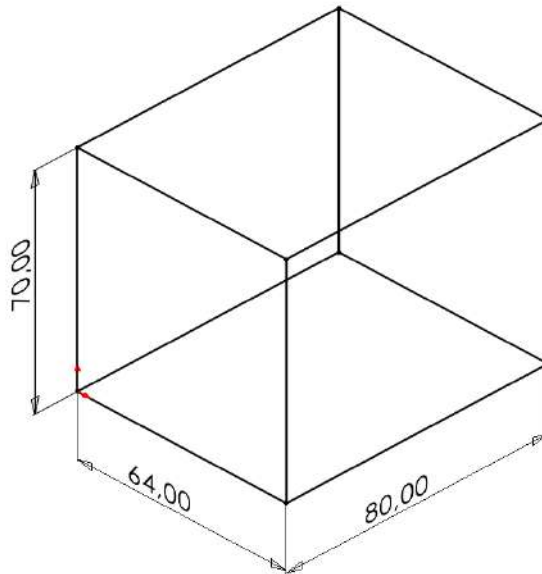
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.2. Validación del soporte por criterio de rigidez

Para verificar que el diseño del soporte y la selección de perfiles del catálogo DIPAC fueron correctos, se evaluó el soporte por un criterio de rigidez, es decir, se verificó las deflexiones máximas de la estructura y su relación de la demanda-capacidad.



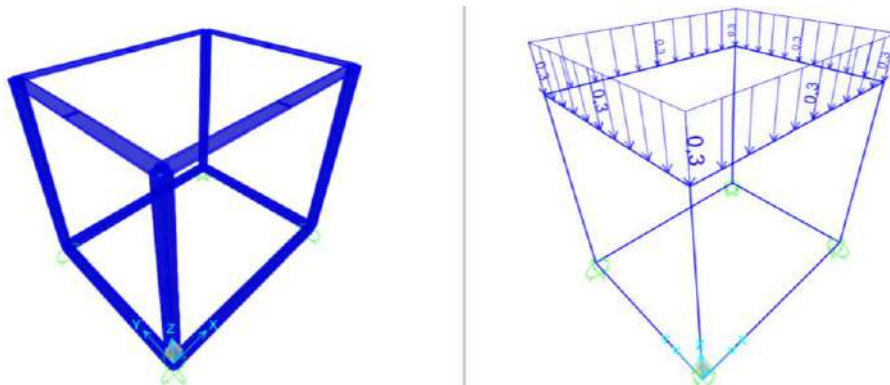
Se creó una plantilla en el programa SAP 2000, donde se ingresaron las medidas generales del bastidor, consideradas en el capítulo anterior, cabe resaltar que son medidas a partir del centroide de los perfiles seleccionados.



**Ilustración 4-5:** Medidas generales del soporte

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Se asignó los perfiles correspondientes, y la carga para la simulación correspondiente. Se tomó como una carga distribuida a lo largo de las vigas, tomando en cuenta el peso total del equipo de 85 kgf, se dividió para la longitud total en la que se soportará. Con un valor de 288 cm, se obtiene una carga distribuida de 0.3 kgf/cm.

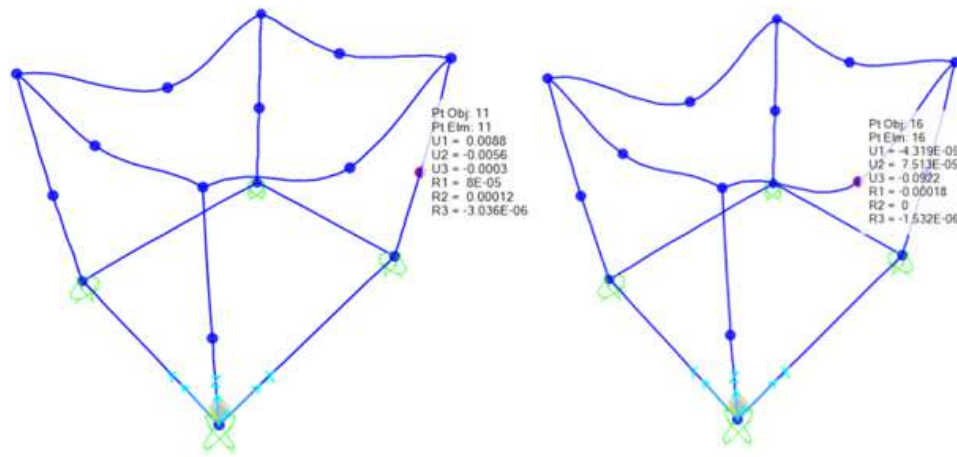


**Ilustración 4-6:** Asignación de los perfiles del equipo y la carga soportada

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Se verificó la deflexión máxima del equipo en el punto más crítico, siendo la longitud más larga de 80 cm, dando un valor máximo de deflexión en la columna de 0.247 cm y una deflexión de la columna de 0.0056 cm. Para verificar si las deflexiones obtenidas son permisibles en el equipo donde la flecha máxima permisible es  $\frac{L}{300}$ , donde L es la longitud de la viga más larga, ya que esta

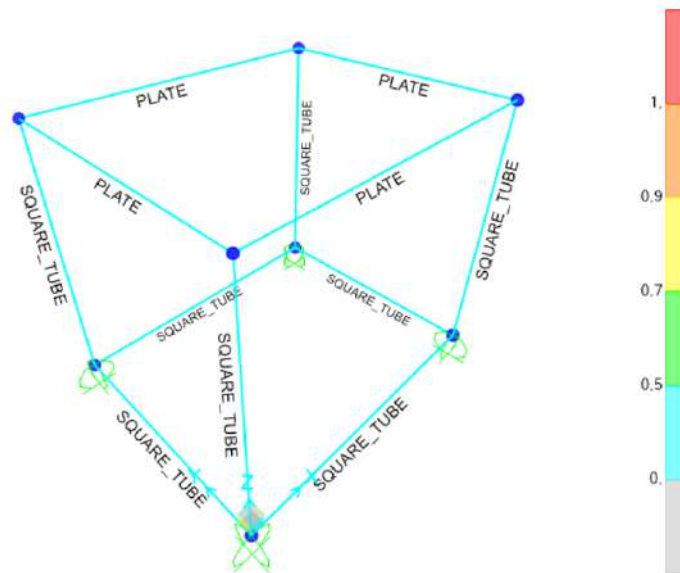
presenta mayor criticidad. Obteniendo un valor de flecha o deformación máxima permisible de: 0.26 cm. Como se observa, la deformación de viga es de 0.09 cm, entrando en un rango permisible.



**Ilustración 4-7:** Deflexión máxima de la viga y columna del soporte del equipo

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Finalmente, se verificó la relación demanda capacidad de los perfiles seleccionados, bajo el criterio de que la carga aplicada sea menor a la carga permitida, es decir deben estar en una relación menor a 1. Como se muestra en la siguiente ilustración se puede observar que todos los perfiles están en una relación entre 0 y 0.5, ofreciendo un diseño seguro



**Ilustración 4-8:** Relación demanda capacidad del soporte

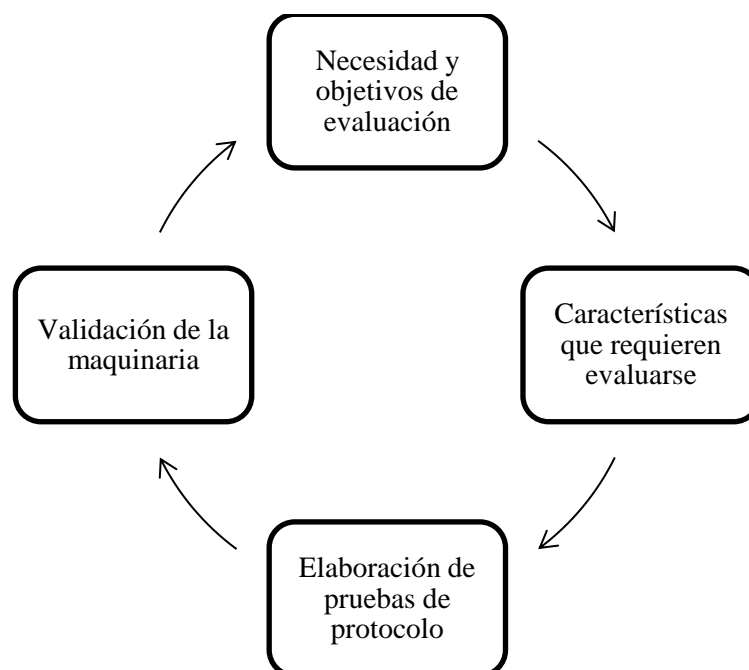
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



### 4.3. Protocolo de pruebas

El correcto funcionamiento del deshidratador de frutas se debe comprobar mediante una metodología para la evaluación del desempeño del equipo, dentro del cual se encuentran varios puntos a tratar, para así evaluar de mejor manera la funcionalidad del equipo bajo las condiciones de trabajo que se crean pertinentes.

- Necesidad y objetivos de Evaluación
- Características que requieren evaluarse
- Elaboración del protocolo de pruebas
- Validación de la maquinaria



**Ilustración 4-9:** Protocolo de pruebas

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.3.1. Necesidad y objetivos de evaluación

##### 4.3.1.1. Objetivo principal de evaluación

La función principal del deshidratador de frutas, es la de deshidratar o eliminar la humedad de las láminas de frutas que se coloquen en el volumen de trabajo de forma controlada mediante el uso de aire caliente circundante, para esto posee varios niveles de funcionamiento que permiten que este proceso de deshidratación se lleve a cabo, cada uno de los puntos debe ser cuidadosamente evaluado para verificar la validez del diseño que se dio en la etapa de diseño, así se aumenta la confiabilidad de la máquina para lograr que tenga un desempeño correcto durante su tiempo de vida útil.

#### 4.3.1.2. Estabilidad del equipo y soporte

Durante la fase de encendido, resulta imperativo que el deshidratador mantenga una condición de inmovilidad integral en su configuración estructura

#### 4.3.1.3. Funcionamiento del módulo funcional y de control

El deshidratador debe operar de manera correcta con los datos de entrada que proporciona el operador tiempo y temperatura.

#### 4.3.1.4. Sobre calentamiento de la máquina

El deshidratador no debe sobre calentarse independientemente de la temperatura de operación, es decir las paredes del equipo no deben tener un calentamiento desmedido.

#### 4.3.1.5. Deshidratación de materia prima uniforme

El deshidratador debe deshidratar la totalidad de las láminas de fruta, sin incurrir en demasía en el tiempo de secado que podría dar lugar a la carbonización de alguna de dichas láminas.

### 4.3.2. Características que requieren evaluarse

#### 4.3.2.1. Evaluación del módulo estructural

**Tabla 4-3:** Parámetros a evaluar en el módulo estructural

Etapa de funcionamiento	Característica para evaluar	Tipo de evaluación	Prioridad de evaluación
Módulo estructural	Estabilidad	Inspección visual	1
	Ergonomía	Inspección visual	2
	Aislamiento térmico	Inspección visual	3
	Dimensiones	Herramientas	4

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J.

#### 4.3.2.2. Evaluación del módulo funcional

**Tabla 4-4:** Parámetros a evaluar en el módulo funcional

Etapa de funcionamiento	Característica para evaluar	Tipo de evaluación	Prioridad de evaluación
Módulo funcional	Alimentación	Herramientas	1
	Encendido de las niquelinas	Herramientas	2
	Circulación de aire	Inspección visual	3

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J.

#### 4.3.2.3. Evaluación del módulo de control

**Tabla 4-5:** Parámetros a evaluar en el módulo de control

Etapa de funcionamiento	Característica para evaluar	Tipo de evaluación	Prioridad de evaluación
Módulo de control	Encendido del equipo	Inspección visual	1
	Temperatura de operación	Herramientas	2
	Tiempo de trabajo	Inspección visual	3
	Indicador de funcionamiento	Inspección visual	4
	Apagado automático	Inspección visual	4

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J.

#### 4.3.3. Validación del protocolo de pruebas

##### 4.3.3.1. Resultados del módulo estructural

**Tabla 4-6:** Resultados de la evaluación del módulo estructural

Módulo Estructural				
Código	Características	Parámetro de evaluación	Método empleado	Comentario
CS (✓)	Estabilidad	Verificar que el equipo no se mueva de manera indeseada	Inspección visual	La superficie del suelo estaba desnivelada
NC ()				
CS (✓)	Ergonomía	Verificar que el diseño del equipo no sea incómodo para las condiciones humanas	Inspección visual	La puerta no está diseñada para una población zurda
NC ()				
CS (✓)	Aislamiento	Verificar que el aislante térmico evita que las paredes externas se sobrecalienten	Inspección visual	
NC ()				
CS (✓)	Dimensiones	Verificar que las dimensiones del equipo sean las correctas de acuerdo con el diseño propuesto	Herramientas	Se presentó un margen de error de $\pm 4$ mm en las medidas generales del equipo
NC ()				

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J.

4.3.3.2. Resultados del módulo funcional

**Tabla 4-7:** Resultados de la evaluación del módulo de control

Módulo Funcional				
Código	Características	Parámetro de evaluación	Método empleado	Comentario
CS (✓)	Alimentación	Verificar que la alimentación proporcionada al equipo sea de 220 V	Herramientas	Al medir el voltaje se presentó un margen de error de $\pm 5$ V
NC ()				
CS (✓)	Encendido de las niquelinas	Verificar que el voltaje llegue a las niquelas para su activación	Inspección visual y herramientas	Las niquelinas y el ventilador están conectados de forma simultánea, por lo que si uno se activa o apaga por consecuencia el otro también
NC ()				
CS (✓)	Circulación de aire	Verificar que el ventilador esté en operación	Inspección visual y herramientas	Las niquelinas y el ventilador están conectados de forma simultánea, por lo que si uno se activa o apaga por consecuencia el otro también
NC ()				

#### 4.3.3.3. Resultados del módulo de control

Módulo de Control				
Código	Características	Parámetro de evaluación	Método empleado	Comentario
CS (✓)	Encendido del equipo	Verificar que el accionador distribuye el voltaje por el equipo y sus componentes	Inspección visual y herramientas	
NC ()				
CS (✓)	Temperatura de operación	Verificar que el equipo llegue y se mantenga en la temperatura ajustada por el operador	Inspección visual	El control de temperatura una vez que baja la temperatura por debajo de los 5 °C enciende los componentes y una vez llegado a la temperatura preseleccionada los apaga
NC ()				
CS (✓)	Tiempo de trabajo	Verificar que el temporizador actúa de manera correcta en el equipo	Inspección visual	
NC ()				
CS (✓)	Indicador de funcionamiento	Verificar que la luz piloto indica el accionamiento del ventilador y niquelinas	Inspección visual	
NC ()				
CS (✓)	Apagado automático	Verificar que una vez acabado el tiempo del temporizador se apague el equipo y sus componentes de manera automática	Inspección visual	
NC ()				

#### 4.3.4. Proceso de producción

Se llevaron a cabo tres experimentos en el deshidratador eléctrico para frutas, cada uno a una temperatura diferente, esto resultó en una variación en el tiempo necesario para secar las frutas, dependiendo de la temperatura utilizada. Asimismo, se observó que el porcentaje de humedad también fluctuó en función del grosor de las láminas de fruta.

**Tabla 4-8:** Tiempo y masa de la deshidratación de la piña a 100°C

Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
700			0	100.00%
700	525	175	1	75.00%
525	360	165	2	51.43%
360	260	100	3	37.14%
260	200	60	4	28.57%
200	160	40	5	22.86%
160	120	40	6	17.14%
120	100	20	7	13.57%
95	80	15	8	11.43%

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 4-9:** Tiempo y masa de la deshidratación de la piña a 80°C

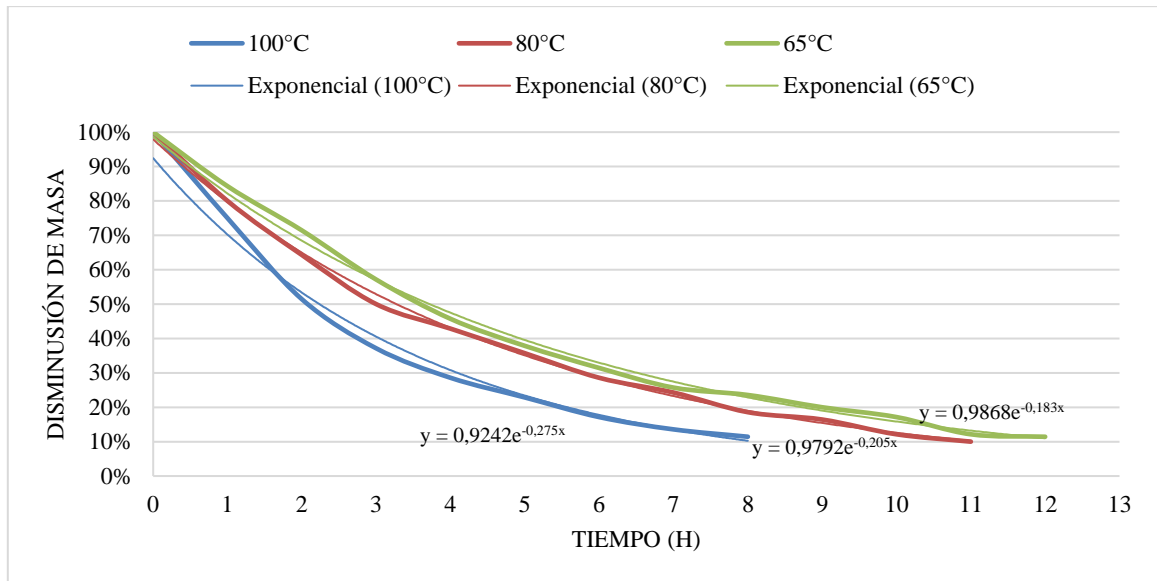
Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
700			0	100.00%
700	560	140	1	80.00%
560	450	110	2	64.29%
450	350	100	3	50.00%
350	300	50	4	42.86%
300	250	50	5	35.71%
250	200	50	6	28.57%
200	170	30	7	24.29%
170	130	40	8	18.57%
130	115	15	9	16.43%
115	85	30	10	12.14%
85	70	15	11	10.00%

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 4-10:** Tiempo y masa de la deshidratación de la piña a 65°C

Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
700			0	100.00%
700	590	110	1	84.29%
590	500	90	2	71.43%
500	400	100	3	57.14%
400	320	80	4	45.71%
320	265	55	5	37.86%
265	220	45	6	31.43%
220	180	40	7	25.71%
180	165	15	8	23.57%
165	140	25	9	20.00%
140	120	20	10	17.14%
120	85	35	11	12.14%
85	80	5	12	11.43%

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



**Ilustración 4-10:** Diminución de masa en función del tiempo de la piña deshidratada

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

En la ilustración 4-9 se muestran tres gráficas que representan la disminución de masa a lo largo del tiempo de una piña bajo tres diferentes temperaturas: la curva azul correspondiente a 100 °C, una en rojo a 80°C y, por último, una en verde a 65 °C. Estas curvas exhiben un comportamiento de carácter exponencial, tal y como se refleja en las ecuaciones presentes en la ilustración.

Es evidente que la curva azul, que representa la temperatura de 100 °C, es la que presenta el tiempo más breve para llevar a cabo el proceso de secado de la piña. Por otro lado, la curva roja (80 °C) demuestra un tiempo aproximado de 11 horas para lograr una disminución de masa de más de 80% de la masa inicial. En contraste, la curva verde, asociada a la temperatura de 65 °C, requiere de 12 horas para alcanzar una reducción de masa por encima del 80%

**Tabla 4-11:** Tiempo y masa de la deshidratación de la manzana a 100°C

Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
500			0	100.00%
500	350	150	0.5	70.00%
350	240	110	1	48.00%
240	130	110	1.5	26.00%
130	90	40	2	18.00%
90	74	16	2.5	14.80%
74	65	9	3	13.00%

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 4-12:** Tiempo y masa de la deshidratación de la manzana a 80°C

Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
500			0	100.00%
500	430	70	0.5	86.00%
430	345	85	1	69.00%
345	280	65	1.5	56.00%
280	240	40	2	48.00%
240	200	40	2.5	40.00%
200	150	50	3	30.00%
150	120	30	3.5	24.00%
120	90	30	4	18.00%
90	70	20	4.5	14.00%
70	63	7	5	12.60%

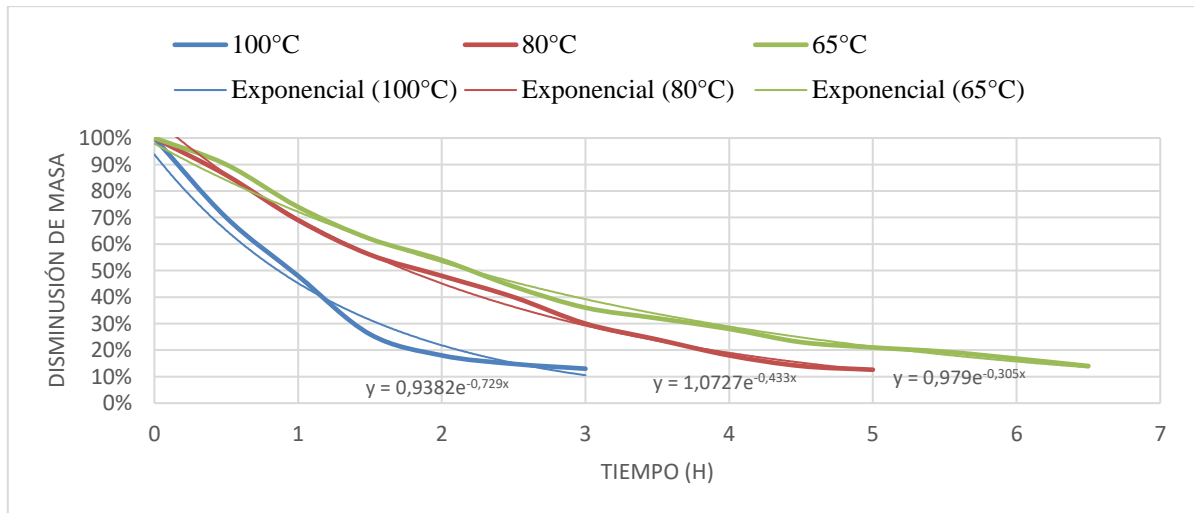
Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 4-13:** Tiempo y masa de la deshidratación de la manzana a 65°C

Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
500			0	100.00%
500	450	50	0.5	90.00%
450	370	80	1	74.00%
370	310	60	1.5	62.00%
310	270	40	2	54.00%
270	220	50	2.5	44.00%
220	180	40	3	36.00%
180	160	20	3.5	32.00%
160	140	20	4	28.00%
140	115	25	4.5	23.00%
115	105	10	5	21.00%
105	97	8	5.5	19.40%
97	84	13	6	16.80%
84	70	14	6.5	14.00%
70	60	10	7	12.00%

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023





**Ilustración 4-11:** Diminución de masa en función del tiempo de la manzana deshidratada

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

Como se puede observar en la ilustración 4-10 se presentan tres trazados que ilustran el descenso de la masa de la manzana a lo largo del tiempo bajo tres distintos niveles de temperatura: la curva en tonalidad azul representa 100 °C, el trazado rojo refleja 80 °C y, finalmente, la curva en tono verde corresponde a 65 °C. Estos trazados exhiben una naturaleza exponencial en su comportamiento, tal y como se puede inferir de las ecuaciones explicitadas en la ilustración. Evidentemente, la curva azul, la cual se asocia con la temperatura de 100 °C, exhibe la velocidad más rápida de deshidratación de la manzana en un tiempo de tres horas. En contraste, el trazado rojo (80 °C) denota un intervalo temporal aproximado de cinco horas para lograr una reducción de la masa superior al 85%. Por último, la curva verde, correspondiente a 65 °C, exige un lapso de seis a siete horas para alcanzar una disminución de la masa por debajo del 80%.

**Tabla 4-14:** Tiempo y masa de la deshidratación de la banana a 100°C

Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
500			0	100.00%
500	350	150	0.5	70.00%
350	215	135	1	43.00%
215	110	105	1.5	22.00%
110	70	40	2	14.00%
70	60	10	2.5	12.00%

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 4-15:** Tiempo y masa de la deshidratación de la banana a 80°C

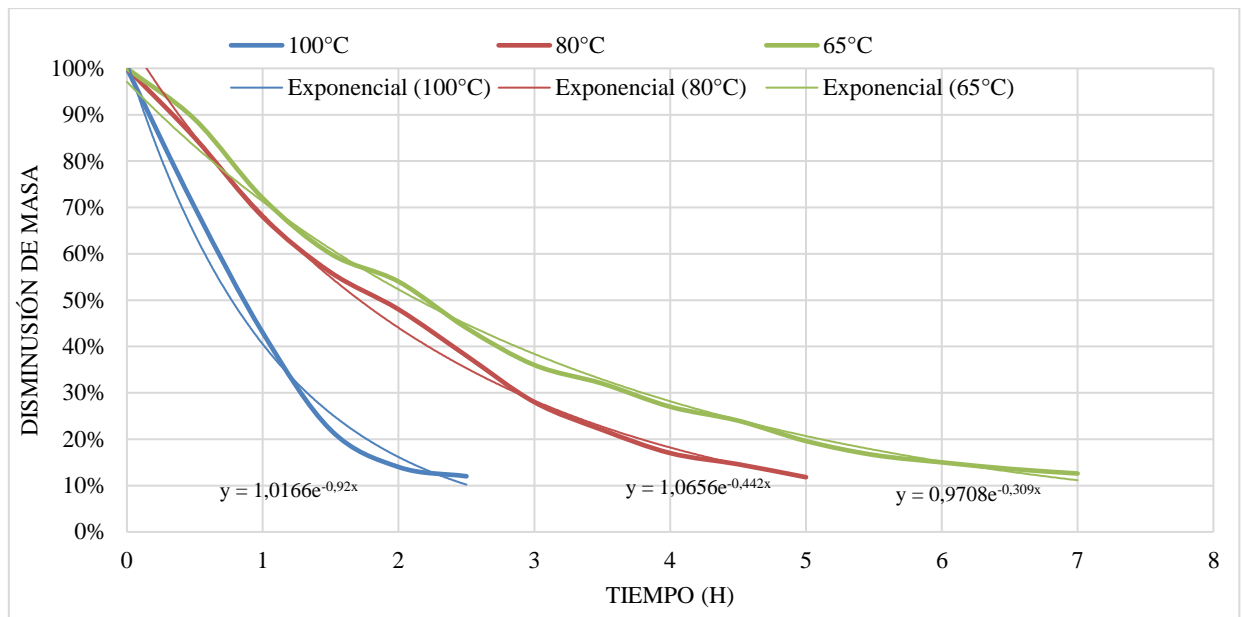
Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
500			0	100.00%
500	425	75	0.5	85.00%
425	340	85	1	68.00%
340	280	60	1.5	56.00%
280	240	40	2	48.00%
240	190	50	2.5	38.00%
190	140	50	3	28.00%
140	110	30	3.5	22.00%
110	85	25	4	17.00%
85	73	12	4.5	14.60%
73	59	14	5	11.80%

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

**Tabla 4-16:** Tiempo y masa de la deshidratación de la banana a 65°C

Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Agua Evaporada (g)	Tiempo (h)	Porcentaje
500			0	100.00%
500	445	55	0.5	89.00%
445	360	85	1	72.00%
360	300	60	1.5	60.00%
300	270	30	2	54.00%
270	220	50	2.5	44.00%
220	180	40	3	36.00%
180	160	20	3.5	32.00%
160	135	25	4	27.00%
135	120	15	4.5	24.00%
120	98	22	5	19.60%
98	83	15	5.5	16.60%
83	75	8	6	15.00%
75	68	7	6.5	13.60%
68	63	5	7	12.60%

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



**Ilustración 4-12:** Diminución de masa en función del tiempo de la banana deshidratada.

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

En la representación gráfica denominada “disminución de masa en función del tiempo de la banana deshidratada” (ilustración 4-11), se plasman tres trazados que ilustran de manera visual la disminución de la masa de una muestra de la banana a lo largo del transcurso del tiempo, bajo la influencia de tres temperaturas distintas. La primera curva, trazada en tonalidades azules, representa una temperatura de 100 °C. La segunda curva, en tonos rojos, corresponde a 80 °C, mientras que la tercera curva, representada en tonalidades verdes, se relaciona con una temperatura de 65 °C.

En todas las curvas se manifiesta una tendencia exponencial en el comportamiento de la disminución de la masa de la banana, como se puede inferir por las ecuaciones asociadas que se presentan en la figura. La curva de mayor temperatura (100 °C) destaca por una degradación de la masa a un ritmo más acelerado en comparación con las otras temperaturas. La curva a 80 °C, en contraste, registra una reducción de más del 80% de la masa en un lapso aproximado de cinco horas. En último lugar, la curva correspondiente a 65 °C requiere un período de siete horas para alcanzar una reducción de la masa por debajo del 80%.

#### 4.4. Análisis de costos

##### 4.4.1. Costos directos

Se considera como costos directos todo aquel que esté relacionado directamente a la construcción del equipo, en esta división encontraremos tanto materiales, manufactura y mano de obra.

#### 4.4.1.1. Costos de materiales

Para los costos de materiales se consideran todas las piezas o componentes que se utilizaron para poder ensamblar cada parte del equipo, incluyendo elementos estructurales, de funcionamiento y de control.

**Tabla 4-17:** Costo de materiales

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Subtotal
1	Plancha de acero inoxidable A240/A480 430/NO. 4/0.6X1220X2440	U	4	78.5	314
2	Plancha de acero inoxidable A240/A480 430/NO. 4/1X610X1220	U	1	62.5	62.5
3	Plancha de acero inoxidable A240/A480 430/NO. 4/1.5X610X1220	U	1	73.5	73.5
4	Tubos cuadrados de 1 ¼ x 1/16 in	U	2	60	60
5	Ruedas giratorias con frenos de 3 in con capacidad hasta 250 kg	U	4	12	48
6	Aislante térmico de fibra de vidrio	Kg	5	8	40
7	Malla electrosoldada galvanizada/Tejido de alambre de 4x4x1 mm	M	7	60.76	425.32
8	Niquelinas tubulares de 2.5 kW en acero inoxidable 304 de doble punta	U	3	80	80
9	Ventilador helicoidal marca GASTRO de 1kW	U	1	75	75
10	Bisagra ovalada para montaje en superficie	U	2	15	30
11	Caucho sellador	m	3	2	6
12	Caja de remaches 1/8 in x 1/2 in	U	1	9.5	9.5
13	Vidrio templado	U	1	35	35
14	Control de temperatura de la marca COEL modelo LWPE	U	1	110	110
15	Caja de instalación	U	1	20	20
16	Enchufe industrial 220V/50A	U	1	8	8
17	Cable concéntrico #10	m	1.5	9	13.5
18	Disyuntor (breaker) 40 A	U	1	10	10
19	Contactador de 3 polos marca Schneider	U	1	181.56	181.56

20	Termocupla tipo J con rosca de 3/8" NPT	U	1	14	14
21	Luz piloto color verde	U	1	4.19	4.1
22	Selector de 2 posiciones de 22 mm	U	1	3.5	3.5
23	Cable de alta temperatura #16	m	1	5	5
24	Cable de alta temperatura #10	m	1	13	13
25	Temporizador marca CAMSCO modelo AH3	U	1	55.70	55.7
26	Electrodos para acero inoxidable	U	4	1	4
27	Electrodos de carbono	U	2	1.5	3
				Sub total	1704.18

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.4.1.2. Costos de equipos y herramientas

Para los costos de manufactura se detallan todos los costos que se incluyan en la manufactura, incluyendo las herramientas y equipos para poder desarrollar y ensamblar el deshidratador de frutas.

**Tabla 4-18:** Costo de equipos y herramientas

Ítem	Descripción	Horas-Equipo	Costo/hora (USD/hora)	Subtotal (USD)
2	Dobladora	8	3	24
3	Amoladora	6	1	6
4	Soldadora	4	5	20
5	Soplete cortador	3	2.5	7.5
Subtotal				57.5

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.4.1.3. Costos de mano de obra

**Tabla 4-19:** Costos de mano de obra

Ítem	Descripción	Horas-hombre	Costo/hora (USD/h)	Subtotal (USD)
1	Maestro mecánico	56	4.5	252
2	Maestro electricista	10	6.5	65
Subtotal				317

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.4.1.4. Transporte

**Tabla 4-20:** Costos de transporte

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unit. (USD)	Subtotal (USD)
1	Transporte	10	5	50
			Subtotal	50

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.4.1.5. Costo directo total

**Tabla 4-21:** Costo directo total

Ítem	Descripción	Subtotal (USD)
1	Costo de materiales	1704.18
2	Costo de mano de obra	317
3	Costo de equipos y herramientas	57.5
4	Transporte	50
5	Total	2128.68

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.4.2. Costos indirectos

Los costos indirectos son los gastos que no son necesarios para la elaboración directa de la máquina, pero que son requeridos para la correcta ejecución de las diferentes partes del proyecto.

##### 4.4.2.1. Costo Ingenieril

El costo ingenieril hace referencia a los servicios profesionales prestados para el diseño y dimensionamiento del equipo, los cuales se lo realizaron por parte de los autores, con lo cual se consideró un costo de 0 dólares.

##### 4.4.2.2. Costo indirecto total

El costo ingenieril se considera el 10% de los costos directos

**Tabla 4-22:** Costo indirecto total

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unit.	Subtotal
1	Costo ingenieril	1	213.18	213.18
2	Imprevistos	0	0	0
3	Utilidad	0	0	0
			Subtotal	213.18

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.4.3. Costo total del deshidratador de frutas

**Tabla 4-23:** Costo total del deshidratador de frutas

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Costos directos	2137.18
2	Costos indirectos	213.18
	Total	2350.36

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

#### 4.5. Manual de seguridad

Dado que el deshidratador es una máquina que genera calor, se clasifica como un equipo de alta peligrosidad, Por consiguiente, su funcionamiento conlleva riesgos considerables a menos que se sigan rigurosamente las normativas operativas, por ende, a continuación, se presentan diversas advertencias y precauciones esenciales destinadas al personal que lo opera, con el fin de garantizar un funcionamiento seguro.

**Tabla 4-24:** Consideraciones para el funcionamiento de un deshidratador de frutas

Advertencias de funcionamiento	<p>Para encender el equipo, es imperativo que el operador cuente con una formación exhaustiva en cuanto al manejo de la máquina, Esta premisa subraya la necesidad de adherirse a las siguientes instrucciones con el fin de llevar a cabo esta acción de forma segura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectura minuciosa del manual de seguridad y el plan de mantenimiento, ya que en ellos se encuentra detallados tanto los intervalos y las herramientas necesarias para el mantenimiento, así como posibles fallos que se puedan generar.</li> <li>• Emplear de manera adecuada las máquinas y herramientas necesarias tanto para la configuración inicial como para la realización de mantenimiento preventivo o correctivo.</li> <li>• Antes de activar la máquina, asegúrese de verificar que todos los componentes mecánicos (motor y ventilador) sean capaces de girar sin restricciones y que no haya obstrucciones que impidan su movimiento.</li> </ul>
Precauciones de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El empleo del deshidratador está restringido únicamente para el procesamiento de frutas, está estrictamente prohibido su uso para otros productos, ya que estos podrían comprometer su funcionamiento.</li> <li>• Verificar de manera regular durante su periodo de funcionamiento el calentamiento del deshidratador (paredes del equipo)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que la máquina se encuentre en un área donde prevalezca el orden y la limpieza</li> <li>• Antes de llevar a cabo cualquier tarea de mantenimiento o inspección eléctrica, el fundamental que el equipo este desconectado de la energía eléctrica, con el propósito de prevenir lesiones causadas por quemaduras eléctricas.</li> <li>• No colocar objetos plásticos en las paredes del deshidratador, debido a que estos pueden provocar fallos y daños en la integridad de la máquina</li> </ul>
Precauciones de funcionamiento eléctrico a 220V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar de manera rutinaria las conexiones eléctricas y las conexiones del tablero de control.</li> <li>• Mantén el área de trabajo seca y libre de humedad para prevenir cortocircuitos y descargas eléctricas.</li> <li>• Evita conectar demasiados dispositivos en un mismo enchufe o circuito para prevenir sobrecargas y posibles incendios.</li> <li>• Asegúrese de que todos los componentes eléctricos estén adecuadamente aislados y protegidos para evitar contactos accidentales.</li> <li>• Siempre utiliza equipo de protección personal, como guantes aislantes y gafas de seguridad, al trabajar con componentes eléctricos.</li> <li>• Solo permite que personal capacitado y autorizado realice tareas eléctricas o de mantenimiento en la máquina.</li> </ul>


**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023



#### 4.6. Plan de mantenimiento

##### 4.6.1. Hoja de datos técnicos

**Tabla 4-25:** Datasheet Deshidratador para frutas

	DATASHEET	No.1 Código 110823	Página. 1/1	
		EIM-IC-AAPJ		
<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</b>				
Función	El propósito principal del deshidratador de frutas consiste en extraer la humedad de las frutas a través de un proceso de convección forzada que emplea elementos como niquelinas y un ventilador. Este proceso conlleva a una reducción de la masa de hasta un 80%. La estructura de la máquina está fabricada en acero inoxidable de grado alimenticio AISI 304, asegurando que cumple con los estándares alimenticios del país y es apta para el consumo humano.			
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>				
Máquina	Espesor del producto inicial (mm)	Espesor del producto final (mm)	capacidad (Kg en 20 bandejas)	
DESHIDRATADOR	3-5	0.5-1	10	
Potencia del motor	Velocidad (RPM)	Espacio de trabajo (mm)	peso (Kg)	
(hp)				
1	1765	124.5x134.7x190.4	71.214	
Niquelinas	Material	Longitud (mm)	Potencia (W)	
	Ni-Cr	1570	2500	
observaciones	Los manuales de los módulos de control de temperatura y tiempo deben ser leídos e interpretados por personal calificado para su posterior uso.			

**Realizado por:** Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

El técnico responsable de la configuración y funcionamiento adecuado de la máquina debe llevar a cabo una revisión exhaustiva de esta ficha de especificaciones técnicas, Esto se debe a que resulta imperativo comprender las particularidades de la máquina con el fin de garantizar s funcionamiento óptimo y preservar su vida útil.

#### 4.6.2. Mantenimiento preventivo

**Tabla 4-26:** Mantenimiento preventivo del deshidratador eléctrico de frutas

	<p>PLAN DE MANTENIMIENTO DESHIDRATADOR DE FRUTAS</p>	<p><b>Codificación</b></p>	<p>EIM-IC-AAPJ</p>	<p>Página 1-1</p>
<p><b>Recomendaciones</b></p>		<p>Llevar a cabo meticulosamente de todas las tareas mencionadas en esta lista con el propósito de asegurar el funcionamiento adecuado del deshidratador.</p>		
<p align="center"><b>Orden diaria de mantenimiento</b></p>				
<p align="center"><b>Actividad programada</b></p>				<p align="center"><b>Personal</b></p>
<p align="center">Inspección visual del estado general de la máquina</p>				<p align="center">JP- MEC</p>
<p align="center"><b>Orden mensual de mantenimiento</b></p>				
<p align="center"><b>Actividad programada</b></p>				<p align="center"><b>Personal</b></p>
<p align="center">Ajuste y verificación de los elementos de fijación</p>				<p align="center">MEC</p>
<p align="center">Verificación del estado de niquelinas</p>				<p align="center">MEC Y MECAUX</p>
<p align="center">Pruebas de estabilidad de los módulos de control de temperatura y tiempo</p>				<p align="center">ELEC Y ELECAUX</p>
<p align="center"><b>Orden anual de mantenimiento</b></p>				
<p align="center"><b>Actividad programada</b></p>				<p align="center"><b>Personal</b></p>
<p align="center">Reemplazo del sello de la puerta</p>				<p align="center">MEC Y MECAUX</p>
<p align="center">Inspección del estado del motor del ventilador</p>				<p align="center">MEC Y MECAUX</p>
<p align="center">Limpieza con ácido de Acero inoxidable</p>				<p align="center">MEC Y MECAUX</p>
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MEC: Mecánico</li> <li>• ELEC: Eléctrico</li> <li>• MECAUX: Auxiliar de mecánico</li> <li>• ELECAUX: Auxiliar de eléctrico</li> </ul>				

Realizado por: Avalos, A.; Pánchez, J., 2023

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Una vez finalizado el diseño y construcción del deshidratador de frutas eléctrico de 20 bandejas, se demostró que el dimensionamiento proporcionado en el marco metodológico fue viable y efectivo para el proceso de deshidratación de frutas, como la manzana, banana y piña. Los resultados que se obtuvieron en las pruebas de protocolo y funcionamiento demuestran la eficiencia y versatilidad del equipo para reducir el peso en agua de la materia prima.
- Se obtuvo la mejor alternativa para el diseño del equipo a través de la matriz morfológica realizada, determinando así que componentes se deben utilizar para satisfacer una buena operabilidad y una capacidad, demostrando un diseño eficiente para poder deshidratar manzana, piña y banano mediante un control digital de temperatura y un temporizador analógico para poder controlar de forma óptima la deshidratación de los diferentes tipos de fruta.
- Se seleccionaron y ensamblaron los componentes principales a utilizar para su estructura, funcionamiento y control, permitiendo un diseño mucho más detallado y eficiente a través de un análisis térmico para obtener los resultados deseados y corroborarlos a través de un software de elemento finito, validando el diseño desde un punto de vista ingenieril y a través de simulaciones asistidas por computador.
- Se deshidrató 3 tipos de fruta (manzana, banano y piña) en las pruebas de funcionamiento, eliminando de manera eficiente el porcentaje de humedad hasta por debajo del 12%, la deshidratación ofreció un producto final conservando de manera efectiva los nutrientes y el sabor de las frutas utilizadas, lo que sugiere que el sistema es capaz de producir un producto final de alta calidad y atractivo para los consumidores.

#### 5.2. Recomendaciones

- Utilizar el rango de temperaturas utilizadas en el protocolo de pruebas (65, 80, 100 °C) debido a que el utilizar temperaturas mayores puede generar un sobrecalentamiento en el volumen interno a lo deseado, ocasionando obtener productos deshidratados defectuosos.
- Ubicar el deshidratador de frutas en un espacio libre de polvo y viento, evitando así el desgaste de sus componentes y mitigando su mantenimiento o limpieza para alargar el tiempo de vida útil del equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALIBRE DESIGN.** *Sheet Metal Parameters* [en línea]. S.I.: Alibre Design. [consulta: 10 agosto 2023]. Disponible en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/Tecnologia2/Curvado.pdf>.
2. **BÁEZ, Enrique.** *Diseño y construcción de un deshidratador de frutas y la comercialización de sus productos* [en línea]. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2023. [consulta: 2 mayo 2023]. Disponible en: [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/5964/FCCA-M-2011-0174.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/5964/FCCA-M-2011-0174.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
3. **BLANK, Tamara y et al.** “Recent trends of ceramic humidity sensors development: A review. Sensors and Actuators B: Chemical”. *Sensors and Actuators B: Chemical* [en línea], 2016. Vol. 228, p. 416–442. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.01.015>
4. **BOZALONGO, Tatiana y CUBERO, Andrés.** *Planta de Deshidratación y Liofilización de Alimentos* [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad de Sevilla. Sevilla. 2021. [consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/72142/fichero/TFM-2142+BOZALONGO+RODR%C3%8DGUEZ%2C+TATIANA.pdf>.
5. **CABRERA, José.** “Deshidratación de Frutas en el Cantón Guano”. *RECIENA* [en línea], 2020 (Ecuador) [consulta: 6 abril 2023]. ISSN 2773-7608. Disponible en: <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/556>.
6. **CAMSCO.** *Temporizador Multi-rango AH3*. 2021. [en línea]. [consulta: 21 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.camsco.com.tw/spa/timer/multi-range-timer-ah3-a-b-c-d-e.html>.
7. **CENGEL, Yunus y BOLES, Michael.** *Thermodynamics: An Engineering Approach*. Octava. México: McGraw-Hill. 2015.

8. **CENGEL, Yunus y GHAJAR, Afshin.** *Transferencia de calor y masa*. Cuarta. México: McGraw-Hill. 2021.
9. **CERDA, Byron y PROAÑO, Daniel.** Diseño y construcción de un deshidratador rectangular de inducción para la obtención de pasa de uvilla con capacidad de 300 kg/día para la empresa EQUINOX BUSINESS LIMITED [en línea]. (Trabajo de Titulación). Escuela Politécnica del Ejercito. Sangolqui. 2005. [Consulta: 18 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/610/T-ESPE-027575.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
10. **COEL.** *Controladores para Hornos. LWPE* [en línea]. 2020. [Consulta: 21 agosto 2023]. Disponible en: [https://cdn.media.coel.com.br/uploads/2016/08/Manual-de-Instrucoes-LWPE\\_r4.pdf](https://cdn.media.coel.com.br/uploads/2016/08/Manual-de-Instrucoes-LWPE_r4.pdf).
11. **DAIKIN.** *Visor diagrama psicrométrico*. 24 mayo 2023. Versión: 4.1.0. software informático. [Consulta: 21 agosto 2023]. Disponible en: [https://www.daikin-ce.com/en\\_us/home.html](https://www.daikin-ce.com/en_us/home.html)
12. **DELGADO, J.** *Quality Function Deployment (Q.F.D.)*. 2007. Madrid: Escuela de Organización Industrial (EOI). [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/77648/quality-function-deployment-qdf>
13. **FICALORA, J. y COHEN, L.** *Quality Function Deployment and Six Sigma. A QFD Handbook*. Segunda. Boston: Pearson Education, 2010.
14. **FREUND VECTOR.** *Fluid Beds (FLO-COATERS)*. [en línea]. 2023. [Consulta: 21 agosto 2023]. Disponible en: [https://www.freund-vector.com/product\\_category/fluid-beds-flo-coaters/](https://www.freund-vector.com/product_category/fluid-beds-flo-coaters/)
15. **GOPROTO.** *Sheet Metal Design Guide* [en línea] 2020. S.l.: GoProto. [Consulta: 10 agosto 2023]. Disponible en: <https://goproto.com/wp-content/uploads/2020/07/Sheet-Metal-Design-Guide.pdf>.

16. **HANSEN INDUSTRIES LTD.** *Sheet Metal Guidelines*. [en línea]. Richmond: Hansen Industries Ltd. 2017. [Consulta: 23 abril 2023]. Disponible en: <https://hansenindustries.com/wp-content/uploads/2020/06/Sheet-Metal-Guidelines2017.pdf>
17. **HERREJÓN-ESCUTIA, Martin, y et al.** Electric-Thermo-Mechanical Analysis of Joule Heating in Dilatometric Specimens. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*. 15 September 2017. Vol. 63, no. 9, p. 537–547. DOI 10.5545/sv-jme.2017.4320.
18. **HOLMAN, Jack.** *Heat Transfer*. Décima. McGraw Hill, 2010
19. **HOWELL, John y SIEGEL, Robert,** *Thermal Radiation Heat Transfer*. Quinta. CRC Press, 2018.
20. **COMMUNITY AGROECOLOGY NETWORK.** *Microcuena del Rio Citlalapa a.c, 2015. Manual de deshidratación. Soberanía y Seguridad Alimentaria Nutricional* [en línea]. 2015. S.l.: s.n., pp. 1-57. [Consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.canunite.org/wp-content/uploads/2015/09/3\\_ModuleFoodSecurity.pdf](https://www.canunite.org/wp-content/uploads/2015/09/3_ModuleFoodSecurity.pdf).
21. **MURILLO, César.** *Diseño de un deshidratador de convección para frutas y vegetales*. Online. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2007. [Consulta 2 mayo 2023]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6409/T04422.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
22. **SINTD.** *Secador de la tolva de la serie THD*. 2023. [Consulta 13 agosto 2023]. Disponible en: <http://www.sintd.net/es/THD-Series-Hopper-Dryer-products.html>
23. **TACUAREMBO.** *La deshidratación de los alimentos es una técnica antigua, muy válida. Uso de técnica ecológica y económica*. [en línea]. 2010. [Consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: <https://tacuarembo.net/la-deshidratacion-los-alimentos-una-tecnica-antigua-valida-uso-tecnica-ecologica-economica/>.

24. **WEATHER SPARK.** *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Riobamba.* [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2023]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/20020/Clima-promedio-en-Riobamba-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Temperature>
25. **XOMETRY.** *Consejos de diseño para el plegado de chapa metálica.* [en línea]. 2018. [Consulta: 10 agosto 2023]. Disponible en: <https://xometry.eu/es/consejos-de-diseno-plegado-chapa-metalica/>
26. **ZHANG, Wei-Peng, y et al.** The influence mechanism and control strategy of relative humidity on hot air drying of fruits and vegetables: a review. *Taylor and Francis Group.* [en línea], 2021. [Consulta: 22 julio 2023]. Disponible en: DOI:10.1080/07373937.2021.1943669
27. **ZOHURI, Bahman.** Forced Convection Heat Transfer. In: *Thermal-Hydraulic Analysis of Nuclear Reactors.* Segunda. Springer, [en línea] 2017. [Consulta: 8 agosto 2023]. Disponible en: DOI:10.1007/978-3-319-53829-7\_9

## ANEXOS

### ANEXO A: PLANTILLA DE LA ENCUESTA REALIZADA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DEL MERCADO

#### Encuesta para el diseño y construcción de un deshidratador de frutas eléctrico mediante convección forzada

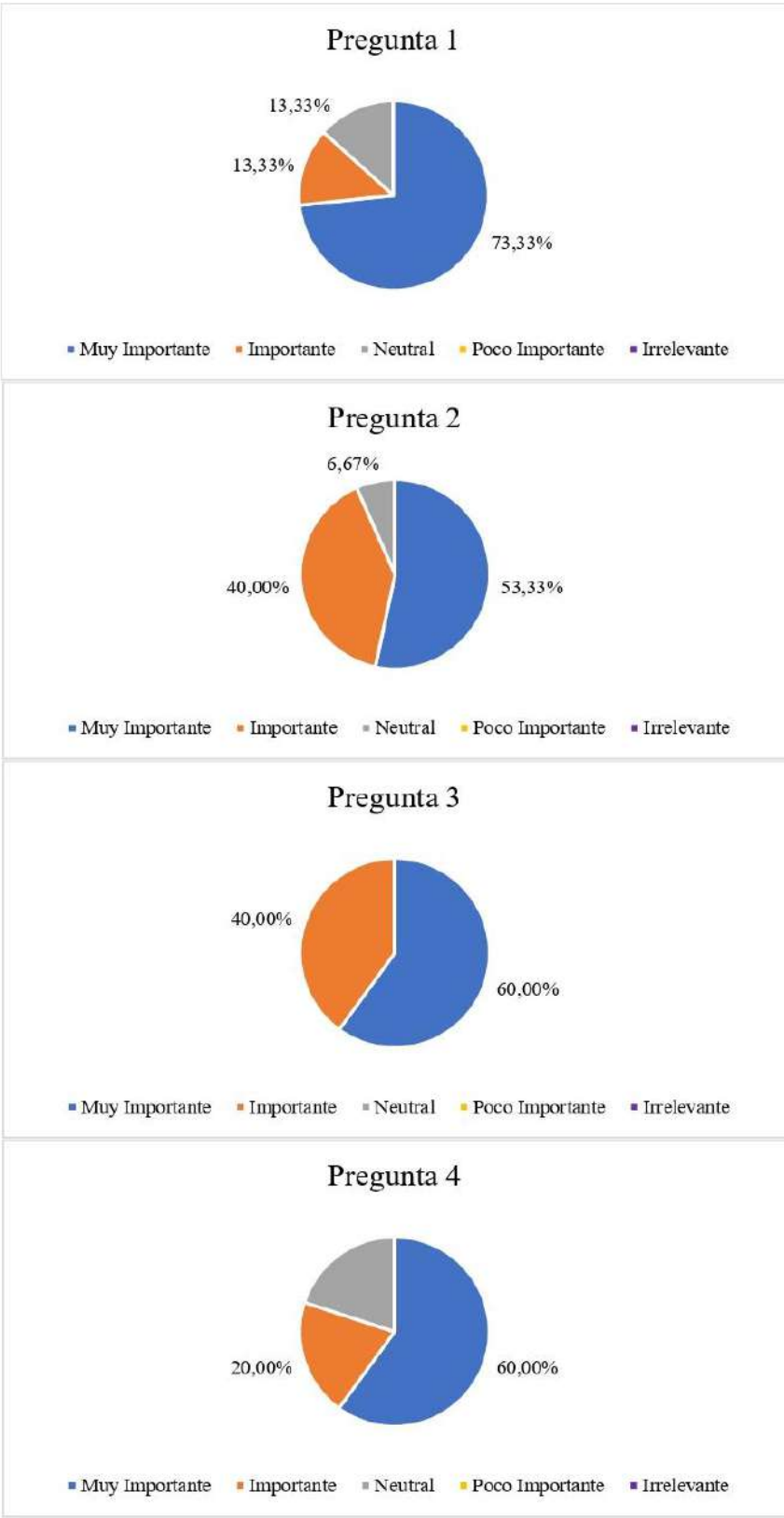
Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_  
 Empresa: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_  
 CI: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Por favor evalúe las siguientes preguntas en las siguientes escalas de mayor a menor “Muy importante”, “Importante”, “Neutral”, “Irrelevante” escogiendo el casillero que decida. En las preguntas que corresponda a aspectos técnicos se indicará la capacidad/característica.

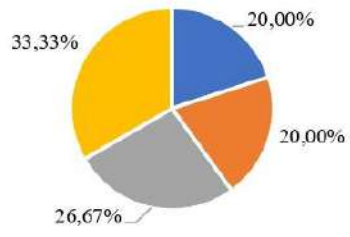
1. ¿Qué relevancia le da a la facilidad de uso sin experiencia de un deshidratador de frutas eléctrico?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
2. ¿Qué importancia le da a la alimentación y potencia energética de un deshidratador eléctrico?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
3. ¿Qué relevancia le da la versatilidad del equipo de deshidratar diferentes frutas?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
4. ¿Qué relevancia le da a la seguridad del equipo?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
5. ¿Qué relevancia le da a la facilidad para limpieza e inspección del equipo del deshidratador?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
6. ¿Qué relevancia le da que el equipo tenga un nivel de producción/capacidad medio-alto?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
7. ¿Qué relevancia le da al tiempo de vida de los materiales, reduciendo el óxido producido?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
8. ¿Qué relevancia le da al tiempo de vida del equipo?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
9. ¿Qué relevancia le da a la facilidad de encontrar repuestos del equipo?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
10. ¿Qué relevancia le da la facilidad de control de temperatura del deshidratador?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
11. ¿Qué relevancia le da a un costo económico del equipo por debajo de los 3000 USD?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
12. ¿Qué relevancia le da a que el equipo sea portable y desmontable?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
13. ¿Qué relevancia le da a la poca reparación que deba sufrir el equipo?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>
14. ¿Qué relevancia le da al espacio que pueda ocupar el equipo?	Muy importante <input type="checkbox"/>	Importante <input type="checkbox"/>	Neutral <input type="checkbox"/>	Poco importante <input type="checkbox"/>	Irrelevante <input type="checkbox"/>



**ANEXO B: RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DEL MERCADO.**

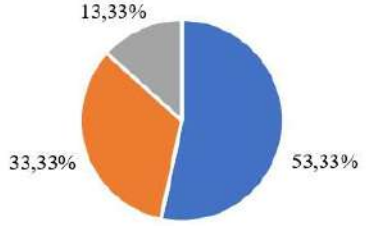


### Pregunta 5



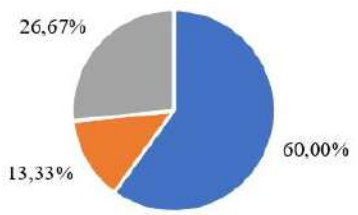
■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 6



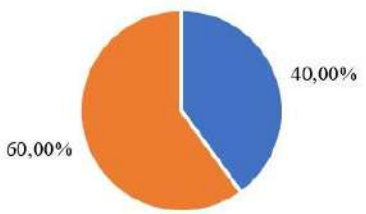
■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 7



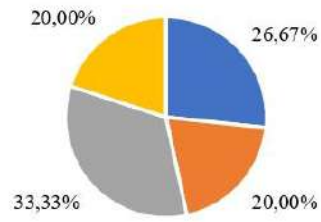
■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 8



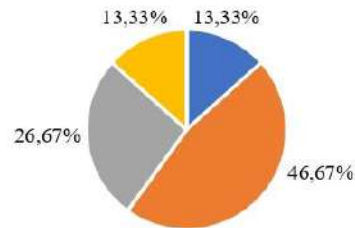
■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 9



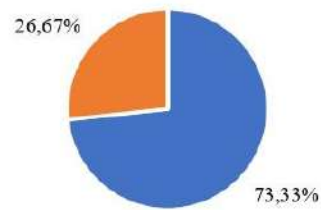
■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 10



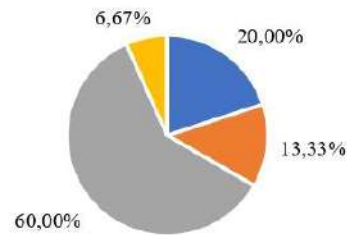
■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 11



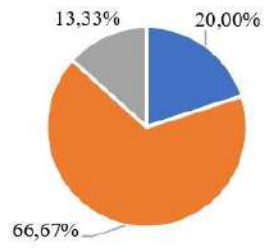
■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 12



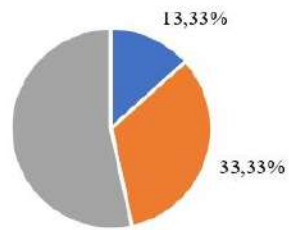
■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 13



■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

### Pregunta 14



■ Muy Importante ■ Importante ■ Neutral ■ Poco Importante ■ Irrelevante

ANEXO C: CATÁLOGO DE DESHIDRATADORES COMERCIALES KENTON

**Kenton**  
Together with Researchers

**KH industrial dryer**  
**KYS commercial dryer**  
**Hot air drying oven**

**big capacity, size can be customized**  
**suitable for industry and mineral fields**



KH-120A

KH-100A

**KH series**  
**Large industrial oven**

For the medical and health, medicine, biology, pesticides, scientific research departments for drying, heat treatment, heating, but not suitable for volatile, flammable, explosive materials, so as to avoid explosion.

250 °C Blast timing alarm Explosion proof

**Use recommended:** Suitable for industrial and mining enterprises for mass production, continuous use for a long time.

**Product Grade:** ★★★★★

It is used for dehydration and drying of products, such as electroplating industry, electronic industry, oil dripping of alloy jewelry, food and plastic industry, leather industry, hardware and other production industries, but it is not suitable for highly volatile, flammable and explosive materials to avoid explosion. (if there is a need for explosion-proof, safety facilities such as explosion-proof lock.

**Structure features:**

- Digital PID controller, with PID auto-tuning function and timer
- Single door and double door design.
- Large diameter centrifugal fan, uniform heat flow
- The shell is sprayed with metallic paint
- The inner chamber can be galvanized steel or stainless steel
- The product has the characteristics of large storage capacity and fast heating time.

**Optional accessories:**

- 1、Audible and visual alarm system
  - 2、individual over temperature limit
- The modes with “S” is stainless steel chamber.

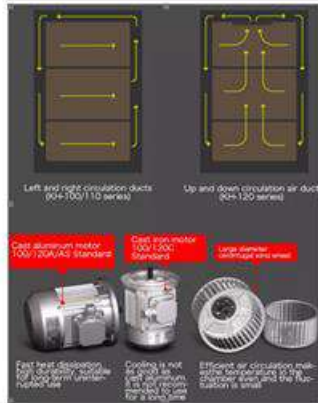
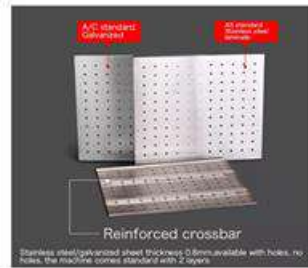
Model “A” is prior to “C”:

- 1 “A” alu shell motor, “C” iron cast motor ( Aluminum shell has fast heat dissipation and is more durable than iron shell ) ,
- 2 “A” high temperature silica gel door seal , “C” asbestos cord door seal ( Silicone door seal has better sealing effect and no pollution )
- 3 “A” Progressive locking door buckle, thickened door hinge, “C” Spring type door buckle
- 4 “A” chamber structure and steel material are thicker.
- 5 “A” High temperature resistant heat pipe, well-known brand electrical components, more durable

Model number	voltage	Temp range ℃	Time r	accuracy ℃	fluctuation %	power KW	interior (mm) (H×W×D)	exterior (mm) (H×W×D)	packing (mm) (H×W×D)	N.W KG
KH-100C	380 V	RT+5 ~250	0~99 h	±1	±2	4~6	1000×600×500	1750×1130×700	1870×1210×780	152
KH-100A(S)						4~6	1000×600×500	1750×1130×700	1870×1210×780	152
KH-110C						6~8	1000×800×600	1800×1350×800	1920×1430×880	170
KH-110A(S)						6~8	1000×800×600	1800×1350×800	1920×1430×880	170
KH-120C						8~12	1200×900×800	2000×1450×1000	2120×1530×1080	214
KH-120A(S)						8~12	1200×900×800	2000×1450×1000	2120×1530×1080	214

### Comparison of different models

Industrial oven	KH-120A/S upgrade	KH-110A/S upgrade	KH-100A/S upgrade	KH-120C basic	KH-110C basic	KH-100C basic
controller						
PID	●	●	●	●	●	●
Internal material						
201 SS	“S” ●	“S” ●	“S” ●			
Galvanized steel	<u>No “S”</u> ●	<u>No “S”</u> ●	<u>No “S”</u> ●	●	●	●
Circulating fan, large diameter wind wheel						
High temperature resistant bearing	●	●	●			
Alu motor shell	●	●	●			
Carbon steel <u>motor shell</u>				●	●	●
heater						
High power finned heater	●	●	●			
Electric heater				●	●	●
Reinforced door handle and door hinge	●	●	●			
Strengthen chamber structure	●	●	●			
door	Double door	Single door	Single door	Double door	Single door	Single door
Horizontal Air circulation		●	●		●	●
Vertical air circulation	●			●		
Heating sides	3 sides	Single side	Single side	Double sides	Single side	Single side
Door seal material	High temperature silica gel	High temperatu re silica gel	High temperatur e silica gel	asbestos cord	asbestos cord	asbestos cord
Temp range °C	RT+5-250			RT+5~300		
Temp accuracy °C	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
fluctuation	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%
timer	●	●	●	●	●	●
Over temperature alarm	●	●	●	●	●	●
warranty	2 years					







### KYS parameters

Model name	Model number	Working area MM (H×W×D)	Exterior MM (H×W×D)	Packing MM (H×W×D)	Voltage V	Power KW	Temperature °C	Accuracy °C	Fluctuation °C	G.W KG	shelves
Commercial dryer	KYS-80AS	800x600x430	1220x735x680	1370x830x760	220	2.4	RT+5~150	±0.5°C	±2%	90	8
	KYS-100AS	1000x600x430	1790x1100x650	1950x1220x770	220	3.6	RT+5~150	±0.5°C	±2%	168	10
	KYS-120AS	1200x840x630	1910x1330x820	2050x1450x940	380	7.2	RT+5~150	±0.5°C	±2%	230	20



ANEXO D: PROFORMA PROPUESTA POR INOXIDABLES ÉLITE PARA UN DESHIDRATADOR DE FRUTAS DE 20 BANDEJAS

# "INOXIDABLES ÉLITE"

TENEGUSÑAY MOROCHO JORGE GUSTAVO

RUC: 0603484783001

Fábrica: Av. Juan Felix Proaño y Yugoslavia, vía a San Luis

WhatsApp: 0997197182

Riobamba - Ecuador.

- PEDIDO
- PROFORMA
- CONSIGNACION
- NOTA DE ENTREGA
- COBRANZA

Nº 000001098

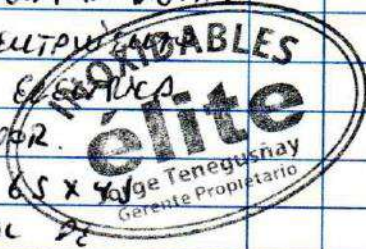
Lugar y Fecha de emisión: RIOBAMBA 12 Abril 2023

Cliente: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Ruc: \_\_\_\_\_ Teléfono: 099 608 5393

NO.	REFERENCIA	CANT.	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	HORNO DESHIDRATADOR CONSTRUC- DO EN ACERO INOXIDABLE. HATE. SEPARACION ENTRE BANDEJAS 6cm CONTROL DE TEMPERATURA DIGITAL SISTEMA DE ALIMENTACION POR NIVELINAS ELECTRICAS VELOCIDAD FORZADA. 20 BANDEJAS DE 65 X 40cm PANEL DE CONTROL DE TEMPERATURAS.	1	2850.00	2850.00



SUBTOTAL	IVA	TOTAL	2850.00
----------	-----	-------	---------

ABONO EN EFECTIVO	\$	
ABONO POR TRANSFERENCIA	\$	
SALDO	\$	

En la espera de su grata orden, quedo de usted  
Atentamente.

Vendedor

\_\_\_\_\_  
Cliente

Email: elitemaquinarias@gmail.com

## ANEXO D: TEMPORIZADOR CAMSCO AH3

M+Y RATED VOLTAGE 24V-240V AC/DC AVAILABLE

### CHARACTERISTICS

- Exclusive CMOS IC assures high performance stability, and accuracy.
- 4 Time range can be changed with ease by merely exchanging DIP switch.
- Easy - to - monitor DIP switch positions,time series and operation voltage.  
Five time series with wide timing ranges from 0.1 sec. to 30 hrs.
- Output contact: Time delay contacts 2C (DPDT) 10A.

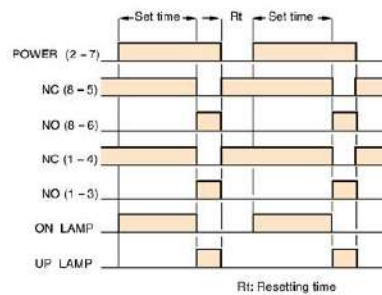


### TIME RANGE

Four time are available for each timer by setting the DIP switches to required positions.

Time range series	Position of time range selector			
	$\begin{matrix} \blacksquare & 1 \\ \blacksquare & S \end{matrix}$	$\begin{matrix} 10 & \\ \blacksquare & S \end{matrix}$	$\begin{matrix} \blacksquare & 1 \\ \blacksquare & M \end{matrix}$	$\begin{matrix} 10 & \\ \blacksquare & M \end{matrix}$
A	1S (0.05S-1S)	10S (0.1S-10S)	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)
B	3S (0.05S-3S)	30S (0.5S-30S)	3M (1S-3M)	30M (30S-30M)
C	6S (0.1S-6S)	60S (0.5S-60S)	6M (1S-6M)	60M (30S-60M)
D	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)	60M (30S-60M)	10H (10M-10H)
E	3M (1S-3M)	30M (30S-30M)	3H (3M-3H)	30H (1H-30H)

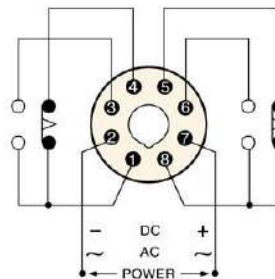
### OPERATION TIME CHART



### SPECIFICATIONS

RATED VOLTAGE	AC 110V, 220V, 380V, 440V, DC 12V, 24V.
Rated frequency	50/60Hz.
OPERATING VOLTAGE	AC 85-110% of rated voltage. DC 80-110% of rated voltage.
CONSUMED POWER	About 2VA FOR AC. About 2W FOR DC.
CONTROL METHOD	Time-limit operation Self-resetting
CONTACT RATING	250V AC 10A(P.F.=1)
AMBIENT TEMP.	-10°C--+55°C
AMBIENT HUMIDITY	45-85% RH

### CONNECTION DIAGRAM





# ANEXO E: CONTROLADOR DE TIEMPO Y TEMPERATURA MARCA COEL MODELO LWPE



Recomendamos que as instruções deste manual sejam lidas atentamente antes da instalação do instrumento, possibilitando sua adequada configuração e perfeita utilização de suas funções.

## 1 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

- Alimentação 110/220 Vca
- Saída de controle a relé
- Saída para acionamento de vapor
- Saída para acionamento da luz interna do forno
- Buzina interna para avisar fim de cozimento
- Lógica de controle para aquecimento ("ON-OFF" ou "P")
- Entrada para sensor "termopar" tipo "J"
- Entrada digital para acionar a saída de luz
- Entrada digital para detectar a porta do forno aberta
- Entrada digital para iniciar/cancelar o cozimento
- Acionamento das saídas de vapor e luz através do teclado
- Acesso à programação protegido por senha
- Ajuste de offset da leitura do sensor
- Display a LED de alto brilho com quatro dígitos e de fácil visualização
- Frontal em policarbonato
- Caixa **plug-in** em ABS V0 padrão DIN 72 x 72 mm

## 2 - DESCRIÇÃO GERAL

O controlador de tempo e temperatura **LWPE** é um instrumento versátil e de fácil programação. Trabalha com sinal de entrada de termoelemento tipo J. A temperatura do processo é visualizada através de um display com 4 dígitos a LED e controlada por uma saída a relé. O controle é do tipo ON/OFF ou Proporcional (P), selecionado através do teclado frontal.

Para o controle tipo ON/OFF é necessário definir o valor da histerese, que trabalha de maneira assimétrica em relação ao Set Point, e para controle P é necessário definir valores de banda proporcional e tempo de ciclo para o processo desejado.

O tempo de cozimento pode ser iniciado/cancelado por uma entrada digital (inicia/cancela) ou através do teclado frontal (tecla **Ⓢ**). Possui mais duas entradas digitais, uma detecta a abertura da porta do forno (o fechamento da entrada digital porta habilita o início do tempo de cozimento, a abertura inibe o mesmo) e a outra aciona a saída da luz (também pode ser acionada pela tecla **Ⓢ**).

Além da saída de controle, o instrumento ainda possui duas saídas; para acionar a luz interna do forno e para inserir vapor durante o tempo de cozimento.

Os parâmetros de configuração são bloqueados através de uma senha configurável. Instrumento montado em caixa **plug-in** em ABS V0 (auto-extinguível), própria para embutir em painéis, com dimensões padrão DIN 72 x 72 mm, e conexões elétricas por intermédio de parafusos localizados na base traseira do instrumento. A fixação é feita através de presilhas, proporcionando uma rápida instalação no painel.

## 3 - APLICAÇÕES

Fornos para panificação; Banho Maria; Seladoras; Prensas térmicas; Fornos e estufas em geral

## 4 - FUNCIONAMENTO

### 4.1 - CONTROLE "ON-OFF"

Aplica 100% de potência na carga (saída permanentemente energizada), sempre que a temperatura medida pelo sensor estiver abaixo do "Set

Point" do controle e 0% (saída permanentemente desenergizada), quando a temperatura medida pelo sensor estiver acima do "Set Point" do controle. Sendo o controle de temperatura mais simples que existe; é indicado para sistemas estáticos onde o relé deve comutar em valores bem definidos, proporcionando maior vida útil aos contatos.

### 4.1.1 - Histerese do controle

Define a diferença de temperatura em relação a energização e a desenergização da saída do controle. O instrumento dispõe de uma histerese assimétrica abaixo do Set Point.

### 4.2 - CONTROLE "P" (PROPORCIONAL)

Dentro da banda proporcional, a potência aplicada na carga varia entre 0 e 100%, proporcionalmente à diferença (desvio) entre o Set Point e a medida do sensor, ou seja, a saída permanecerá ligando e desligando em tempos controlados (tempo de ciclo) para aplicar na carga uma potência solicitada pelo controle "P". Acima da banda proporcional, a potência de saída será 0% (desenergizada), abaixo desta banda, a saída será 100% (energizada). É indicado para processos dinâmicos, resultando em uma estabilização da temperatura ao longo do tempo.

### 4.3 - COZIMENTO

pressionar a tecla **Ⓢ** para iniciar o tempo de cozimento, e a mesma tecla para cancelar o tempo de cozimento.

Após iniciado o tempo de cozimento, o display ficará alternando a indicação do tempo de cozimento e a temperatura (ver parâmetro **ⓁT**) até o final do cozimento.

No final do tempo de cozimento é acionada a **buzina de fim de cozimento** pelo tempo de sinalizador **ⓁS**.

### 4.4 - ACIONAMENTO DO VAPOR

Desde que a temperatura do forno esteja acima do valor programado no parâmetro **ⓁUP**, o LED vapor estará aceso indicando que a função vapor está liberada. Mediante a isto, basta pressionar a tecla **Ⓢ**. A cada pulso na tecla, a saída vapor ficará acionada pelo tempo programado no parâmetro **ⓁUP**.

Se desejar desligar a saída vapor antes do término do tempo programado no parâmetro **ⓁUP**, basta pressionar a tecla **Ⓢ**.

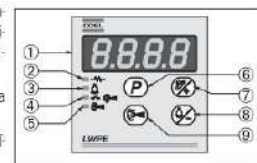
### 4.5 - ACIONAMENTO DA LUZ

Para acionar a saída da luz interna do forno, basta fechar a **entrada digital luz** com o comum por 1 segundo ou pressionar a tecla **Ⓢ**. A saída permanecerá acionada pelo tempo programado no parâmetro **ⓁLU**. Se desejar apagar a luz antes do tempo ajustado, basta fechar a **entrada digital luz** com o comum por 1 segundo ou pressionar a tecla **Ⓢ**.

**O adonamento das entradas digitais luz, porta e inicia/cancela é feito através de pulso via contato seco entre o comum do instrumento e as entradas digitais (pelo menos 1 segundo).**

## 5 - FUNÇÕES DO FRONTAL

- 1- Display de indicação da temperatura e do tempo, ocasionalmente indica os parâmetros de configuração
- 2- LED **Ⓢ** indica o estado da saída de controle
- 3- LED **Ⓢ** indica o estado da saída da luz interna do forno
- 4- LED **Ⓢ** indica o estado da saída de vapor
- 5- LED **Ⓢ** aceso indica que esta habilitado a função de vapor, apagado indica que esta desabilitado a função de vapor
- 6- Tecla **(P)**: acesso aos parâmetros de configuração
- 7- Tecla **(Ⓢ)**: incremento dos valores dos parâmetros e para iniciar/cancelar o tempo de cozimento
- 8- Tecla **(Ⓢ)**: decremento dos valores dos parâmetros e para ligar/desligar a saída da luz
- 9- Tecla **(Ⓢ)**: usada para ligar/desligar a saída de vapor.



## 6 - PROGRAMAÇÃO

Pressionar a tecla **(P)** para acessar os parâmetros de programação, o primeiro parâmetro a ser indicado é o Set Point da temperatura (**ⓁEt**); pressionar a tecla **(P)** para mudar de parâmetro e as teclas **(Ⓢ)** e **(Ⓢ)** para alterar o valor do parâmetro selecionado. Para sair do menu de configuração, aguardar aproximadamente 5 segundos sem pressionar nenhuma tecla, automaticamente o instrumento retornará para a indicação da temperatura.





## ANEXO F: PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA

**TABLA A-9**

Propiedades del agua saturada

Temp., T/°C	Presión de saturación, P <sub>sat</sub> , kPa	Densidad, ρ, kg/m <sup>3</sup>		Entalpia de vaporización, h <sub>g</sub> , kJ/kg	Calor específico, c <sub>p</sub> , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
												Líquido	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 <sup>-3</sup>	0.922 × 10 <sup>-5</sup>	13.5	1.00	-0.068 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.8721	999.9	0.0058	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 <sup>-3</sup>	0.934 × 10 <sup>-5</sup>	11.2	1.00	0.015 × 10 <sup>-3</sup>
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 <sup>-3</sup>	0.946 × 10 <sup>-5</sup>	9.45	1.00	0.733 × 10 <sup>-3</sup>
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 185	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 <sup>-3</sup>	0.959 × 10 <sup>-5</sup>	8.09	1.00	0.138 × 10 <sup>-3</sup>
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 <sup>-3</sup>	0.973 × 10 <sup>-5</sup>	7.01	1.00	0.195 × 10 <sup>-3</sup>
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 <sup>-3</sup>	0.987 × 10 <sup>-5</sup>	6.14	1.00	0.247 × 10 <sup>-3</sup>
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 <sup>-3</sup>	1.001 × 10 <sup>-5</sup>	5.42	1.00	0.294 × 10 <sup>-3</sup>
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 <sup>-3</sup>	1.016 × 10 <sup>-5</sup>	4.83	1.00	0.337 × 10 <sup>-3</sup>
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 <sup>-3</sup>	1.031 × 10 <sup>-5</sup>	4.32	1.00	0.377 × 10 <sup>-3</sup>
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 <sup>-3</sup>	1.046 × 10 <sup>-5</sup>	3.91	1.00	0.415 × 10 <sup>-3</sup>
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 <sup>-3</sup>	1.062 × 10 <sup>-5</sup>	3.55	1.00	0.451 × 10 <sup>-3</sup>
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 <sup>-3</sup>	1.077 × 10 <sup>-5</sup>	3.25	1.00	0.484 × 10 <sup>-3</sup>
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 <sup>-3</sup>	1.093 × 10 <sup>-5</sup>	2.99	1.00	0.517 × 10 <sup>-3</sup>
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 <sup>-3</sup>	1.110 × 10 <sup>-5</sup>	2.75	1.00	0.548 × 10 <sup>-3</sup>
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 <sup>-3</sup>	1.126 × 10 <sup>-5</sup>	2.55	1.00	0.578 × 10 <sup>-3</sup>
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 <sup>-3</sup>	1.142 × 10 <sup>-5</sup>	2.38	1.00	0.607 × 10 <sup>-3</sup>
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 <sup>-3</sup>	1.159 × 10 <sup>-5</sup>	2.22	1.00	0.653 × 10 <sup>-3</sup>
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 <sup>-3</sup>	1.176 × 10 <sup>-5</sup>	2.08	1.00	0.670 × 10 <sup>-3</sup>
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 <sup>-3</sup>	1.193 × 10 <sup>-5</sup>	1.96	1.00	0.702 × 10 <sup>-3</sup>
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 <sup>-3</sup>	1.210 × 10 <sup>-5</sup>	1.85	1.00	0.716 × 10 <sup>-3</sup>
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 <sup>-3</sup>	1.227 × 10 <sup>-5</sup>	1.75	1.00	0.750 × 10 <sup>-3</sup>
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 <sup>-3</sup>	1.261 × 10 <sup>-5</sup>	1.58	1.00	0.798 × 10 <sup>-3</sup>
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 <sup>-3</sup>	1.296 × 10 <sup>-5</sup>	1.44	1.00	0.858 × 10 <sup>-3</sup>
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 <sup>-3</sup>	1.330 × 10 <sup>-5</sup>	1.33	1.01	0.913 × 10 <sup>-3</sup>
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 <sup>-3</sup>	1.365 × 10 <sup>-5</sup>	1.24	1.02	0.970 × 10 <sup>-3</sup>
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 <sup>-3</sup>	1.399 × 10 <sup>-5</sup>	1.16	1.02	1.025 × 10 <sup>-3</sup>
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 <sup>-3</sup>	1.434 × 10 <sup>-5</sup>	1.09	1.05	1.145 × 10 <sup>-3</sup>
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 <sup>-3</sup>	1.468 × 10 <sup>-5</sup>	1.03	1.05	1.178 × 10 <sup>-3</sup>
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 <sup>-3</sup>	1.502 × 10 <sup>-5</sup>	0.983	1.07	1.210 × 10 <sup>-3</sup>
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 <sup>-3</sup>	1.537 × 10 <sup>-5</sup>	0.947	1.09	1.280 × 10 <sup>-3</sup>
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 <sup>-3</sup>	1.571 × 10 <sup>-5</sup>	0.910	1.11	1.350 × 10 <sup>-3</sup>
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 <sup>-3</sup>	1.641 × 10 <sup>-5</sup>	0.865	1.15	1.520 × 10 <sup>-3</sup>
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 <sup>-3</sup>	1.712 × 10 <sup>-5</sup>	0.836	1.24	1.720 × 10 <sup>-3</sup>
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 <sup>-3</sup>	1.788 × 10 <sup>-5</sup>	0.832	1.35	2.000 × 10 <sup>-3</sup>
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 <sup>-3</sup>	1.870 × 10 <sup>-5</sup>	0.854	1.49	2.380 × 10 <sup>-3</sup>
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 <sup>-3</sup>	1.965 × 10 <sup>-5</sup>	0.902	1.69	2.950 × 10 <sup>-3</sup>
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 <sup>-3</sup>	2.084 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 <sup>-3</sup>	2.255 × 10 <sup>-5</sup>	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 <sup>-3</sup>	2.571 × 10 <sup>-5</sup>	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 <sup>-3</sup>	4.313 × 10 <sup>-5</sup>	—	—	—

*Nota 1:* La viscosidad cinemática  $\nu$  y la difusividad térmica  $\alpha$  se pueden calcular a partir de sus definiciones,  $\nu = \mu/\rho$  y  $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$ . Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

*Nota 2:* La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

*Fuente:* Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

## ANEXO G: PROPIEDADES DEL AIRE A LA PRESIÓN DE 1 ATM

**TABLA A-15**

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-5}$	$8.636 \times 10^{-5}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-5}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$  y Pr son independientes de la presión. Las propiedades  $\rho$ ,  $\nu$  y  $\alpha$  a una presión  $P$  (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de  $\rho$ ,  $\nu$  y  $\alpha$  la temperatura dada, por  $P$  y al dividir  $\nu$  y  $\alpha$  entre  $P$ .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 1984, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.



**ANEXO H: MOTOR PARA VENTILADOR 200-240/346-415 V**



date: 2023-08-20 16:08:09

**FAN MOTOR 200-240/346-415V 3 PHASE 50/60HZ  
1KW 1400/1700RPM SPEEDS 1 L1 220MM L2 35MM  
L3 50MM**

part no.: **601.313**





suitable for

RATIONAL 3100.1007, RATIONAL CCD102, RATIONAL CCD202, ASCASO , ASCASO  
FACTORY , RATIONAL

technical details

suitable for model:	Rational CCD102, CCD202
type:	L9FGw4D-227
voltage:	200-240/346-415 V
power:	1 kW
frequency:	50/60 Hz
phases:	3
speed:	1400/1700 rpm
length 1:	220 mm
length 2:	35 mm
length 3:	50 mm
diameter 1:	25 mm
diameter 2:	20 mm
thread:	M14R IT
speeds:	1
amperage:	4.5/2.6 A
no.:	T5
power input:	1320 W
voltage at 50Hz:	200-240/346-415 V
voltage at 60Hz:	200-277/346-480 V
speed at 50Hz:	1400 rpm
speed at 60Hz:	1700 rpm

alternative item

net retail

Fan motor with motor shaft gasket C-I. CCD 102/202 Qty 1 ea  
RA31001007

# ANEXO I: PARÁMETROS PARA LA MANUFACTURA DE NIQUELINAS TUBULARES POR LA EMPRESA MULTICOIL

## Tubular Heaters

**EXTENDED  
CAPABILITY**

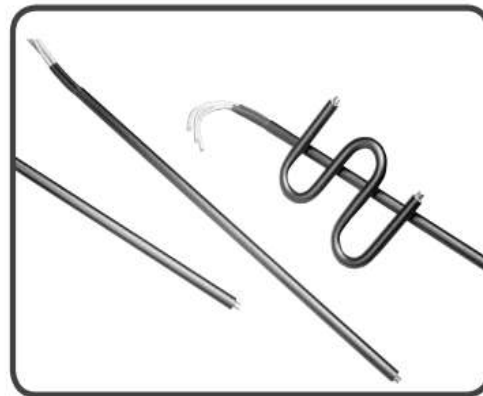


### WATROD Single/Double-Ended Heaters

#### Extended Capabilities for MULTICOIL™ Tubular Heaters

The tubular element with multiple coils and/or thermocouples inside one sheath from Watlow answers the need for a versatile, innovative tubular heater. Watlow's patented method of packaging a thermocouple inside of a heater with one or more resistance coils, gives the ability to sense a heaters' internal temperature accurately, every time.

Moreover, this is the first tubular heater in the industry with three-phase capability. The three coil, three-phase heater will offer a compact package solution while delivering the full power required in a compact heater package. Previously three separate heaters would have been required to do the same job; therefore Watlow's MULTICOIL™ heater capabilities save money.



#### Performance Capabilities

- Watt densities up to 60 W/in<sup>2</sup> (9.3 W/cm<sup>2</sup>)
- Sheath temperatures up to 1600°F (870°C)
- 304 and 316 stainless steel sheath temperatures up to 1200°F (650°C)

#### Features and Benefits

##### Three-phase capability

- Results in one element versus three, lower amperage, reduced installation time and lower overall cost

##### Multiple coil operations

- Reduces inventory by allowing dual voltage capability

##### Versatile forming capabilities

- Forms into many configurations

##### Internal construction with sensor

- Allows space savings because drilling and tapping of flange is unnecessary; plus, the interior thermocouple eliminates contamination buildup around the external sensing tip, reducing the possibility of false readings

#### Typical Applications

- Foodservice equipment
- Process
- Medical
- Milled groove
- Plastics
- Plating
- Oven heating
- Semiconductor

## Tubular Heaters

### WATROD Single/Double-Ended Heaters

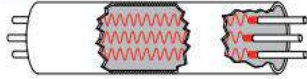
**EXTENDED  
CAPABILITY**



#### Extended Capabilities for MULTICOIL Tubular Heaters

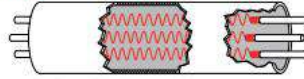
##### Options

###### Option A



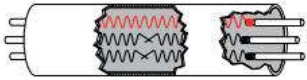
3-phase tubular, 0.475 inch diameter.

###### Option E



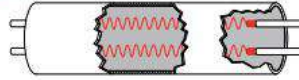
1-phase tubular with three different one phase circuits, 0.475 inch diameter.

###### Option C



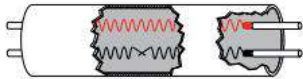
1-phase tubular with one resistance wire and two thermocouples, 0.475 inch diameter.

###### Option F



1-phase tubular with two resistance coils, 0.375, 0.430 and 0.475 inch diameter.

###### Option D



1-phase tubular with one resistance coil and one thermocouple, 0.375, 0.430 and 0.475 inch diameter.

#### Specifications

##### Termination styles

- Lead wires 392°F (200°C)  
Sil-A-Blend® or 482°F (250°C) GGS.

##### Moisture seals

Moisture seals are required, options include:

- Epoxy with temperature rating to 356°F (180°C).  
Typical applications include water/oil immersion.
- Lavacone with temperature rating to 221°F (105°C).  
Typical application includes air heating.
- High-temperature ceramic rated to 2800°F (1538°C).
- Contact your Watlow representative for other moisture seal options.

##### Mounting options

- Mounting brackets
- Locator washers
- Water-tight bulkheads

##### Maximum trim length

- 237 in. (6020 mm), heater designs with trim length greater than 120 in. (3048 mm) must be reviewed with your Watlow representative.

##### Sheath materials

- Alloy 600, 800, 840, 304 and 316 stainless steel, contact your Watlow representative for other sheath material options.

##### Internal thermocouple options

- Type K is used, contact your Watlow representative for Type J thermocouple options.

## ANEXO J: CONSTRUCCIÓN DEL DESHIDRATADOR DE FRUTAS





## ANEXO L: PLANOS

La codificación de los planos sigue la siguiente estructura:

Código: Facultad de Mecánica-Escuela de Ingeniería Mecánica-Trabajo de Titulación-Inicial de Autores-Año

<b>Codificación</b>	<b>Hoja</b>	<b>Descripción</b>
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Dimensiones Generales Deshidratador
FM-EIM-TT-AP-2023	A4	Lista de Materiales Deshidratador
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Vista Explosionada Deshidratador
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Dimensiones del Soporte Estructural
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Cuerpo del Deshidratador-Lámina Externa
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Cuerpo del Deshidratador-Lámina Inferior
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Cuerpo del Deshidratador-Lámina Trasera
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Cuerpo del Deshidratador-Láminas Traseras
FM-EIM-TT-AP-2023	A4	Soporte de Bandejas
FM-EIM-TT-AP-2023	A4	Carcasa de Control
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Vista Explosionada de la Carcasa
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Dimensiones del Montaje de la Caja
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Vista Explosionada de la Puerta
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Bandeja de protección
FM-EIM-TT-AP-2023	A4	Soportes de las Niquelinas
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Uniones para las Niquelinas con el Soporte
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Bandejas con Malla
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Lámina de Puerta Externa
FM-EIM-TT-AP-2023	A4	Soportes Laterales de Vidrio
FM-EIM-TT-AP-2023	A4	Soportes Centrales de Vidrio
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Chapa Protectora de Puerta
FM-EIM-TT-AP-2023	A4	Soporte de Puerta de Vidrio
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Vista de Corte del Equipo
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Medidas Generales del Cuerpo y Accesorios
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Uniones Principales del Equipo
FM-EIM-TT-AP-2023	A3	Dimensiones para las Uniones y Ventosas de la Puerta