



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO**  
**ELECTRÓNICO DESHIDRATADOR DE FRUTOS PARA**  
**PEQUEÑOS PRODUCTORES**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:**

**EDISON JAVIER LIRIO SÁNCHEZ**  
**EDISON MATEO CALDERÓN SÁNCHEZ**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO  
ELECTRÓNICO DESHIDRATADOR DE FRUTOS PARA  
PEQUEÑOS PRODUCTORES”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES**

**EDISON JAVIER LIRIO SÁNCHEZ**

**EDISON MATEO CALDERÓN SÁNCHEZ**

**DIRECTORA:** ING. SANDRA GABRIELA BARRAZUETA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2024

**© 2024, Edison Javier Lirio Sánchez, Edison Mateo Calderón Sánchez**

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

Nosotros, Edison Javier Lirio Sánchez y Edison Mateo Calderón Sánchez, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo 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, 19 de marzo de 2024



**Edison Javier Lirio Sánchez**  
**210078765-0**



**Edison Mateo Calderón Sánchez**  
**060512847-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Dispositivo Tecnológico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO DESHIDRATADOR DE FRUTOS PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES**, realizado por los señores: **EDISON JAVIER LIRIO SÁNCHEZ Y EDISON MATEO CALDERÓN SÁNCHEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Mayra Alejandra Pacheco Cunduri  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



24-04-04

Ing. Sandra Gabriela Barraqueta Rojas  
**DIRECTOR(A) DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-04-04

Ing. José Enrique Guerra Salazar  
**ASESOR(A) DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-04-04

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a mis padres quienes han sido un ejemplo a seguir demostrándome que cuando se lucha por algo se lo puede conseguir, enseñándome a superarme cada día y confiar en mí, se lo dedico a ellos por estar siempre a mi lado a lo largo de este difícil camino que ha sido la vida universitaria, por enseñarme buenos valores y ayudarme a ser la persona que soy hoy. Se lo dedico a mis hermanos, mi enamorada, mis tíos, primos y demás familiares que me han brindado su apoyo incondicional y me han llenado de motivación para seguir adelante y que a pesar de las dificultades que ha puesto la vida han estado conmigo aconsejándome y siendo mi soporte para alcanzar mis metas y objetivos

Edison L.

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis padres quienes están presentes en cada aspecto de mi vida apoyándome, motivándome y ayudándome en todo lo que necesito, me han enseñado a seguir el camino correcto con buenos valores y me han mostrado que todo se consigue con esfuerzo y determinación. Se lo dedico a mis hermanos y demás familiares que han sido parte de este camino, que me han apoyado y han confiado en mí.

Edison C.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser aquel que nunca me dejó solo y llenó mi corazón y cuerpo de fuerza, a mis padres Edison y Melba por apoyarme incondicionalmente, por enseñarme que no debo rendirme, por todo el esfuerzo que han hecho para darme a mí y a mis hermanos todo lo que hemos necesitado, a mis hermanos Alexis y Denis por estar conmigo y apoyarme siempre que los he necesitado, a mi enamorada Paola por ser mi confidente, por escuchar mis problemas y decirme que yo puedo con todo, motivándome a seguir adelante, a mis tíos Rosa y Eloy por ser mis segundos padres, por brindarme su mano cuando la he necesitado, a mi tío Antonio por ser aquella persona que siempre me dijo las cosas como son y no como las quería escuchar, a mis primas Katherine, Milena, Gennesis y Gissela por estar presentes siempre, por escucharme y ser un apoyo incondicional, a mis gatas Pelusa y Luna por llenarme de alegría con solo acercarse a mí, finalmente elevo un agradecimiento al cielo a mi bisabuelita Aurelia por ser la persona que me ayudo a estar aquí en esta vida, al Ingeniero Fredy por ser una gran persona y apoyarme cuando peor lo pasaba en mis inicios en la ESPOCH.

Edison L.

Agradezco a Dios por brindarme salud y vida para poder culminar con esta importante etapa; a mis padres Vinicio y Patricia por el apoyo y motivación que me dan cada día, por enseñarme a ser constante y no rendirme hasta cumplir con mis objetivos; a mis hermanos Tamara, Paulina, Miguel y a mi tía Mónica, por los consejos y el apoyo para seguir adelante; a mis gatos Salma y Dante por acompañarme en las madrugadas de estudio y por brindarme alegría todos los días; a los ingenieros que han sido parte de mi formación académica durante estos años, por tener la paciencia y la vocación para transmitir sus conocimientos; a mis amigos tanto de la carrera como de la vida, por la ayuda, los consejos, los momentos de diversión y los momentos de reflexión.

Edison C.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	12
ÍNDICE DE ANEXOS .....	14
RESUMEN .....	15
SUMMARY / ABSTRACT.....	16

INTRODUCCIÓN .....	16
--------------------	----

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	19
1.2 Sistematización del problema.....	20
1.3 Justificación teórica .....	20
1.4 Justificación aplicativa .....	22
1.5 Objetivos .....	23
1.5.1 <i>Objetivo general</i> .....	23
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	23

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>24</b>
2.1 Deshidratación.....	24
2.1.1 <i>Beneficios de las frutas deshidratados</i> .....	24
2.1.2 <i>Propiedades nutricionales de las frutas deshidratadas</i> .....	25
2.1.3 <i>Vida útil de la fruta deshidratada</i> .....	26
2.1.4 <i>Normas aplicadas para la deshidratación de frutas</i> .....	27
2.1.5 <i>Temperatura y tiempos de deshidratación</i> .....	27
2.2 Realidad de la zona .....	29
2.3 Generalidades de los deshidratadores.....	31
2.3.1 <i>Tipos de deshidratadores</i> .....	32
2.3.2 <i>Deshidratadores existentes en el mercado</i> .....	33
2.4 Componentes de un deshidratador.....	36
2.4.1 <i>Material de construcción</i> .....	36



2.4.1.1	<i>Análisis comparativo de los materiales de construcción</i> .....	37
2.4.2	<b>Sistema de ventilación</b> .....	37
2.4.2.1	<i>Tipos de ventiladores</i> .....	37
2.4.2.2	<i>Análisis comparativo de los tipos de ventiladores</i> .....	39
2.4.3	<b>Sistema de calefacción</b> .....	40
2.4.3.1	<i>Análisis comparativo de calefactores</i> .....	41
2.4.4	<b>Bloque de sensores</b> .....	41
2.4.4.1	<i>Análisis comparativo de familia de sensores</i> .....	42
2.4.5	<b>Red eléctrica</b> .....	43
2.5	<b>Tecnologías de control y comunicación</b> .....	44
2.5.1	<b>Tarjetas de desarrollo</b> .....	44
2.5.1.1	<i>Análisis comparativo de las tarjetas de desarrollo</i> .....	45
2.5.2	<b>Tecnologías de comunicación inalámbrica para redes de área local (LAN)</b> .....	46
2.5.2.1	<i>Análisis comparativo de las Tecnologías de comunicación inalámbrica para redes de área local (LAN)</i> .....	47
2.6	<b>Aplicaciones móviles y HMI (Interfaz Hombre Máquina)</b> .....	49
2.6.1	<i>Normativa para el diseño de interfaces gráficas de HMI</i> .....	49
2.6.2	<b>Desarrollo de aplicaciones móviles para celulares</b> .....	49
2.6.2.1	<i>Análisis comparativo de los softwares utilizados para el desarrollo de aplicaciones</i> 50	
2.6.3	<b>Interfaz Hombre Máquina (HMI)</b> .....	51
2.6.3.1	<i>Tipos de HMI</i> .....	51
2.6.3.2	<i>Análisis comparativo de los tipos de HMI</i> .....	52
2.7	<b>Sistema de control automático</b> .....	53
2.7.1	<i>Tipos de control</i> .....	53

### CAPITULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	54
3.1	<b>Requerimientos del Dehydrator LC-01</b> .....	54
3.2	<b>Concepción general de la arquitectura del prototipo</b> .....	56
3.3	<b>Diseño de la arquitectura del Dehydrator LC-01</b> .....	57
3.3.1	<i>Etapa de adquisición de parámetros</i> .....	57
3.3.2	<i>Etapa de sensores y control</i> .....	58
3.4	<b>Selección del hardware para el Dehydrator LC-01</b> .....	59
3.4.1	<i>ESP32 NodeMCU 38 pines</i> .....	59

3.4.2	<i>Sensor FS200-STH10</i> .....	61
3.4.3	<i>Calefactor eléctrico PTC</i> .....	62
3.4.4	<i>Ventilador axial SP6020-503</i> .....	63
3.4.5	<i>Nextion NX8048P070-011C HMI</i> .....	64
3.4.6	<i>Modulo relé de 4 canales</i> .....	65
3.4.7	<i>Relé de estado sólido SSR-40-DA</i> .....	66
3.4.8	<i>Fuente de alimentación</i> .....	67
3.4.9	<i>Otros elementos hardware</i> .....	68
3.5	<b>Esquema de conexión electrónica del Dehydrator LC-01</b> .....	70
3.6	<b>Software de desarrollo para el Dehydrator LC-01</b> .....	73
3.6.1	<i>Base de datos con Firebase</i> .....	73
3.6.2	<i>Programación del Dehydrator LC-01</i> .....	75
3.6.3	<i>Control PID</i> .....	79
3.7	<b>Interfaz para la visualización de la información</b> .....	80
3.7.1	<i>Pantalla HMI</i> .....	80
3.7.2	<i>Interfaz de la aplicación móvil</i> .....	81
3.8	<b>Diseño estructural del Dehydrator LC-01</b> .....	84
3.8.1	<i>Estructura cámara de deshidratado</i> .....	85
3.8.2	<i>Estructura cámara de ventiladores y calefactor</i> .....	85
3.8.3	<i>Estructura caja de elementos electrónicos</i> .....	86

## CAPÍTULO IV

4.	<b>VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO</b> .....	89
4.1	<b>Consideraciones generales</b> .....	89
4.2	<b>Validación de la etapa de sensores</b> .....	91
4.2.1	<i>Validación del sensor de temperatura FS200-SHT10</i> .....	91
4.2.2	<i>Validación del sensor de humedad relativa FS200-SHT10</i> .....	94
4.3	<b>Estabilidad del sensor FS200-SHT10</b> .....	96
4.4	<b>Integridad de la información enviada</b> .....	97
4.5	<b>Ingreso de nuevas frutas a la base de datos</b> .....	99
4.6	<b>Análisis de los tiempos de lectura y escritura en la base de datos</b> .....	100
4.6.1	<i>Tiempos de lectura desde base de datos</i> .....	101
4.6.2	<i>Tiempos de escritura hacia la base de datos</i> .....	103
4.7	<b>Tiempo en alcanzar la temperatura de setpoint</b> .....	105
4.8	<b>Estabilidad del control PID</b> .....	106

<b>4.9</b>	<b>Consumo energético del Dehydrator LC-01 .....</b>	<b>107</b>
<b>4.10</b>	<b>Prueba de deshidratado de frutas.....</b>	<b>108</b>
<b>4.10.1</b>	<i>Antes del deshidratado .....</i>	<b>108</b>
<b>4.10.2</b>	<i>Después del deshidratado .....</i>	<b>109</b>
<b>4.10.3</b>	<i>Actividad de agua .....</i>	<b>110</b>
<b>4.11</b>	<b>Prueba de funcionamiento y usabilidad.....</b>	<b>111</b>
<b>4.12</b>	<b>Prueba de aceptabilidad y calidad de la fruta deshidratada.....</b>	<b>114</b>
<b>4.12.1</b>	<i>Prueba afectiva.....</i>	<b>114</b>
<b>4.12.2</b>	<i>Prueba descriptiva .....</i>	<b>117</b>
<b>4.13</b>	<b>Análisis económico del Dehydrator LC-01 .....</b>	<b>117</b>
 <b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>120</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>123</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Valores nutricionales fruta fresca vs deshidratada .....	26
<b>Tabla 2-2:</b> Temperaturas recomendadas para deshidratar alimentos .....	28
<b>Tabla 2-3:</b> Guía para deshidratar frutas a una temperatura de 57°C .....	29
<b>Tabla 2-4:</b> Demanda histórica de frutas deshidratadas en Ecuador .....	31
<b>Tabla 2-5:</b> Comparativa materiales de construcción.....	37
<b>Tabla 2-6:</b> Comparativa de características de ventiladores.....	39
<b>Tabla 2-7:</b> Comparativa de características de calefactores .....	41
<b>Tabla 2-8:</b> Comparativa entre las familias de sensores.....	43
<b>Tabla 2-9:</b> Comparativa de tarjetas de desarrollo .....	46
<b>Tabla 2-10:</b> Comparativa de las tecnologías de comunicación inalámbrica .....	48
<b>Tabla 2-11:</b> Comparativa entre aplicaciones de desarrollo móvil.....	51
<b>Tabla 2-12:</b> Comparativa entre tipos de HMI.....	52
<b>Tabla 3-1:</b> Principales especificaciones técnicas ESP 32 NodeMCU.....	60
<b>Tabla 3-2:</b> Principales especificaciones técnicas FS200-SHT10.....	62
<b>Tabla 3-3:</b> Principales especificaciones técnicas calefactor eléctrico PTC.....	63
<b>Tabla 3-4:</b> Principales especificaciones técnicas ventilador SP6020-503 .....	64
<b>Tabla 3-5:</b> Especificaciones técnicas pantalla Nextion NX8048P070-011C HMI .....	65
<b>Tabla 3-6:</b> Principales especificaciones técnicas módulo relé .....	66
<b>Tabla 3-7:</b> Principales especificaciones técnicas modulo relé .....	67
<b>Tabla 3-8:</b> Análisis del consumo de corriente para selección de fuente de alimentación.....	67
<b>Tabla 3-9:</b> Principales especificaciones técnicas fuente de alimentación.....	68
<b>Tabla 3-10:</b> Medidas cámara de deshidratado.....	85
<b>Tabla 3-11:</b> Medidas cámara de ventiladores y calefactor.....	86
<b>Tabla 3-12:</b> Medidas caja de elementos electrónicos.....	87
<b>Tabla 4-1:</b> Error relativo porcentual entre la medición de temperatura del equipo patrón y el sensor FS200-SHT10.....	93
<b>Tabla 4-2:</b> Error relativo porcentual entre la medición de humedad relativa del equipo patrón y el sensor FS200-SHT10.....	95
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados prueba de estabilidad del sensor FS200-SHT10.....	96
<b>Tabla 4-4:</b> Detalles de la información a enviar.....	97
<b>Tabla 4-5:</b> Resultados de la prueba de integridad entre los datos enviados y recibidos.....	98
<b>Tabla 4-6:</b> Datos a ser guardados a la base de datos.....	99

<b>Tabla 4-7:</b> Ingreso de frutas a la base de datos. ....	100
<b>Tabla 4-8:</b> Resultados de los tiempos de lectura desde la base de datos.....	101
<b>Tabla 4-9:</b> Resultados de la prueba de normalidad tiempos de lectura desde la base de datos.	101
<b>Tabla 4-10:</b> Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de los tiempos de lectura desde la base de datos. ....	102
<b>Tabla 4-11:</b> Resultados prueba de Welch de los tiempos de lectura desde la base de datos....	102
<b>Tabla 4-12:</b> Resultados de la prueba Post Hoc de Games-Howell de los tiempos de lectura desde la base de datos. ....	103
<b>Tabla 4-13:</b> Tiempo de escritura hacia la base de datos.....	104
<b>Tabla 4-14:</b> Resultados de la prueba de normalidad tiempos de escritura hacia la base de datos. ....	104
<b>Tabla 4-15:</b> Tiempo en el que el Dehydrator LC-01 alcanza la temperatura de setpoint.....	105
<b>Tabla 4-16:</b> Resultados de la prueba de estabilidad del control PID. ....	106
<b>Tabla 4-17:</b> Consumo individual de los elementos.....	107
<b>Tabla 4-18:</b> Consumo total del Dehydrator LC-01. ....	108
<b>Tabla 4-19:</b> Pesos obtenidos de la fruta fresca y deshidratada.....	110
<b>Tabla 4-20:</b> Resultados mediciones de actividad de agua.....	111
<b>Tabla 4-21:</b> Escala de Likert. ....	112
<b>Tabla 4-22:</b> Tabulación de la encuesta realizada por medio de Google Forms. ....	112
<b>Tabla 4-23:</b> Calificaciones promedio emitidas por cada uno de los evaluadores. ....	116
<b>Tabla 4-24:</b> Valoración emitida por los evaluadores. ....	117
<b>Tabla 4-25:</b> Análisis económico para la construcción del Dehydrator LC-01.....	118
<b>Tabla 4-26:</b> Comparativa entre el Dehydrator LC-01 y el deshidratador Yooyist.....	119

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Ranking de los principales países productores de fruta en América Latina ....	30
<b>Ilustración 2-2:</b> Deshidratador Cosori. ....	34
<b>Ilustración 2-3:</b> Deshidratador Colzer ST-06. ....	34
<b>Ilustración 2-4:</b> Deshidratador Colzer ST-02. ....	35
<b>Ilustración 2-5:</b> Deshidratador Dakota DKD-16. ....	35
<b>Ilustración 2-6:</b> Tipos de ventiladores axiales.....	38
<b>Ilustración 2-7:</b> Álabes de los tipos de ventiladores centrífugos. ....	38
<b>Ilustración 2-8:</b> Tipos de calefactores. ....	40
<b>Ilustración 2-9:</b> Tipos de sensores.....	42
<b>Ilustración 2-10:</b> Horas de desconexión de la red eléctrica en Ecuador.....	44
<b>Ilustración 2-11:</b> Funcionamiento de los tipos de HMI.....	52
<b>Ilustración 3-1:</b> Concepción general del prototipo Dehydrator LC-01.....	57
<b>Ilustración 3-2:</b> Diagrama de bloques de la etapa de adquisición de parámetros.....	58
<b>Ilustración 3-3:</b> Diagrama de bloques de la etapa de sensores y control.....	59
<b>Ilustración 3-4:</b> ESP 32 NodeMCU 38 pines .....	60
<b>Ilustración 3-5:</b> Pinout ESP 32 NodeMCU .....	61
<b>Ilustración 3-6:</b> Sensor FS200-SHT10 .....	61
<b>Ilustración 3-7:</b> Calefactor eléctrico tipo PTC.....	62
<b>Ilustración 3-8:</b> Ventilador axial SP6020-503.....	63
<b>Ilustración 3-9:</b> Pantalla Nextion NX8048P070-011C HMI.....	64
<b>Ilustración 3-10:</b> Módulo relé de 4 canales .....	65
<b>Ilustración 3-11:</b> Relé de estado sólido .....	66
<b>Ilustración 3-12:</b> Fuente de alimentación 5V y 5A .....	68
<b>Ilustración 3-13:</b> LED indicador verde 10mm.....	69
<b>Ilustración 3-14:</b> Interruptor de 2 posiciones .....	69
<b>Ilustración 3-15:</b> Fusible de protección .....	70
<b>Ilustración 3-16:</b> Portafusibles.....	70
<b>Ilustración 3-17:</b> Esquema de conexiones Dehydrator LC-01.....	71
<b>Ilustración 3-18:</b> Diseño placa PCB del Dehydrator LC-01.....	72
<b>Ilustración 3-19:</b> Implementación física de la PCB del Dehydrator LC-01 .....	73
<b>Ilustración 3-20:</b> Nodos de la base de datos .....	74
<b>Ilustración 3-21:</b> Sub nodos de la base de datos.....	74
<b>Ilustración 3-22:</b> Diagrama de flujos de la programación principal del prototipo. ....	77

<b>Ilustración 3-23:</b> Continuación diagrama de flujo de la programación principal del prototipo.	78
<b>Ilustración 3-24:</b> Obtención de la planta con PID Tuner.....	79
<b>Ilustración 3-25:</b> Parámetros del controlador PID.....	80
<b>Ilustración 3-26:</b> Diseño de pantallas HMI en Photoshop.....	81
<b>Ilustración 3-27:</b> Creación de botones y textos en Nextion Editor.....	81
<b>Ilustración 3-28:</b> Pantalla de ingreso aplicación móvil. ....	82
<b>Ilustración 3-29:</b> Pantalla de verificación de correo.....	83
<b>Ilustración 3-30:</b> Menú principal de la aplicación móvil.....	83
<b>Ilustración 3-31:</b> Pantalla para agregar nueva fruta.....	84
<b>Ilustración 3-32:</b> Pantalla de monitoreo.....	84
<b>Ilustración 3-33:</b> Diseño de la cámara de deshidratado.....	85
<b>Ilustración 3-34:</b> Diseño de la estructura de calefactor y ventiladores.....	86
<b>Ilustración 3-35:</b> Diseño de caja de elementos electrónicos.....	87
<b>Ilustración 3-36:</b> Diseño final Dehydrator LC-01. ....	88
<b>Ilustración 4-1:</b> Dehydrator LC-01 ensamblado.....	89
<b>Ilustración 4-2:</b> Termohigrómetro TA318.....	91
<b>Ilustración 4-3:</b> Sonda del equipo patrón junto al sensor FS200-SHT10.....	92
<b>Ilustración 4-4:</b> Integridad de la información enviada. ....	97
<b>Ilustración 4-5:</b> Ingreso de una nueva fruta desde el HMI y aplicación móvil. ....	99
<b>Ilustración 4-6:</b> Fruta fresca antes de deshidratar.....	109
<b>Ilustración 4-7:</b> Bandeja con la fruta deshidratada.....	109
<b>Ilustración 4-8:</b> Equipo AQUALAB 4TE. ....	110
<b>Ilustración 4-9:</b> Validación del prototipo por el Ing. Andrés Gallegos. ....	113
<b>Ilustración 4-10:</b> Deshidratación de fruta de la Granja Integral Lolita Elena.....	113
<b>Ilustración 4-11:</b> Productos etiquetados para la prueba de degustación.....	115
<b>Ilustración 4-12:</b> a) Evaluador 1 y 2 degustando. b) Evaluador 3 degustando.....	115

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** HOJA DE DATOS ESP-32 NODEMCU

**ANEXO B:** HOJA DE DATOS SENSOR FS200-SHT10

**ANEXO C:** HOJA DE DATOS CALEFACTOR PTC

**ANEXO D:** HOJA DE DATOS VENTILADOR AXIAL SP6020-503

**ANEXO E:** HOJA DE DATOS PANTALLA NEXTION NX8048P070-011C

**ANEXO F:** HOJA DE DATOS RELÉ DE 4 CANALES

**ANEXO G:** HOJA DE DATOS SSR-40-DA

**ANEXO H:** HOJA DE DATOS FUENTE DE ALIMENTACIÓN S-25-5

**ANEXO I:** CÓDIGO ARDUINO

**ANEXO J:** PROGRAMACIÓN APLICACIÓN MÓVIL

**ANEXO K:** ESPECIFICACIONES TERMOHIGRÓMETRO TA318

**ANEXO L:** EVIDENCIAS VALIDACIÓN DEL SENSOR FS200-SHT10 (TEMPERATURA)

**ANEXO M:** EVIDENCIAS VALIDACIÓN DEL SENSOR FS200-SHT10 (HUMEDAD)

**ANEXO N:** EVIDENCIAS PRUEBA DE INTEGRIDAD DE LA INFORMACIÓN

**ANEXO O:** EVIDENCIAS DE LA PRUEBA DE INGRESO DE FRUTAS

**ANEXO P:** EVIDENCIAS PRUEBA DE CONSUMO ENERGÉTICO

**ANEXO Q:** PESOS DE LAS FRUTAS UTILIZADAS PARA LAS PRUEBAS

**ANEXO R:** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AQUALAB 4TE

**ANEXO S:** EVIDENCIAS PRUEBA DE ACTIVIDAD DE AGUA

**ANEXO T:** RESULTADOS ENCUESTA REALIZADA EN GOOGLE FORMS

**ANEXO U:** CERTIFICADO PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y USABILIDAD

**ANEXO V:** EVIDENCIAS PRUEBA DE DESGUSTACIÓN

**ANEXO W:** CERTIFICADO PRUEBA DE DEGUSTACIÓN

**ANEXO X:** MANUAL DE USUARIO



## RESUMEN

Se diseñó y construyó un prototipo deshidratador de frutos para pequeños productores. Consta de cuatro etapas, la primera etapa de adquisición de parámetros tiene como función principal obtener los parámetros de deshidratación guardados en una base de datos, estos parámetros serán enviados a la placa de desarrollo ESP32, la segunda etapa es la de actuación en la cual se reciben las instrucciones desde la placa de desarrollo para poner en funcionamiento el calefactor y ventiladores del dispositivo, la tercera etapa es la de sensores y control, la cual permite monitorear los variables de temperatura y humedad relativa, finalmente la etapa de visualización de la información la cual permite interactuar con el prototipo y monitorear los parámetros mencionados dentro de la cámara de deshidratado, además de un monitoreo remoto mediante una aplicación móvil. De las pruebas realizadas a los sensores de temperatura y humedad relativa se obtuvieron errores relativos porcentuales del 4.46% y 4.08% respectivamente, estableciendo que los resultados obtenidos son “buenos”. Mediante pruebas realizadas en las frutas sobre la actividad de agua se determinó que las frutas se encontraban en el rango aceptable para productos deshidratados que es de  $0.4 < a_w < 0.6$ . Según expertos en el área alimenticia, se determinó que el funcionamiento y usabilidad del dispositivo es de 4.51, lo cual indica que se encuentra entre “bueno” y “muy bueno”, por otra parte, en la prueba de calidad de la fruta deshidratada se determinó que la calidad de la fruta es “excelente”, teniendo un grado de aceptabilidad de 4.67 esto debido a sus características organolépticas superiores a las de productos comercializados en la zona. De lo analizado se concluye que el prototipo desarrollado cuenta con características superiores a equipos comerciales similares. Se recomienda mejorar la capacidad de procesamiento del dispositivo, además de industrializar el prototipo mejorando así su estructura y capacidad.

**Palabras clave:** <DESHIDRATACIÓN>, <DISEÑO>, <CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS>, <WIFI>, <BASE DE DATOS>, <MONITOREO REMOTO>, <CONTROL DE PARÁMETROS>, <AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS>.



27-03-2024

0351-DBRA-UPT-2024

## SUMMARY

A fruit dehydrator prototype was designed and built for small-scale producers. It consists of four stages; the first stage, parameters acquisition, primarily functions to obtain the dehydration parameters stored in a database; these parameters will be sent to the ESP32 development board; the second stage is the action stage, where instructions are received from the development board to activate the heater and fans of the device, the third stage is the sensors and control, which allows monitoring the temperature and relative humidity variables; finally, the information visualization stage allows interaction with the prototype and monitoring of the mentioned parameters inside the dehydration chamber, as well as remote monitoring through a mobile application. From the tests conducted on the temperature and relative humidity sensors, relative percentage errors of 4.46% and 4.08% were obtained, Establishing that the results obtained are "good." Through tests conducted on fruits regarding water activity, it was determined that the fruits were within the acceptable range for dehydrated products, which is  $0.4 < a_w < 0.6$ . According to experts in the field of food, it was determined that the performance and usability of the device were 4.51, which indicates that it is between "good" and "very good." on the other hand, in the quality test of the dehydrated fruit it was determined that the quality of the fruit is "excellent," with an acceptability rating of 4.67 this due to its organoleptic characteristics being superior to those of products marketed in the area. The analysis concluded that the developed prototype has superior characteristics compared to similar commercial equipment. It is recommended that the processing capacity of the device be improved and the prototype industrialized, thereby improving its structure and capability.

**Key words:** <DEHYDRATION>, <DISIGN>, <FOOD PRESERVATION>, <WIFI>, <DATABASE>, <REMOTE MONITORING>, <PARAMETER CONTROL>, < PROCESS AUTOMATIZATION>.



Lenin Iván Lara Olivo  
0602546103

## INTRODUCCIÓN

El desperdicio de alimentos es un problema dentro del país, ya que, según John Preissing representante de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) en Ecuador, el 45% de la fruta producida en el país se pierde, lo cual representa alrededor de 939 000 toneladas métricas, haciendo referencia a que la pérdida corresponde a lo que se queda en el proceso de producción y transporte hasta que llega a donde podría ser consumida. El desperdicio es lo que no se vende en el supermercado o las tiendas (El Universo, 2019).

Para evitar que los alimentos sean desperdiciados estos pueden someterse a un tratamiento para ser conservados durante largos periodos de tiempo. La conservación de alimentos no busca modificar el alimento ya que al hacerlo puede provocar cambios que resulten perjudiciales para la salud de los consumidores. Por ello existen técnicas para la conservación de los alimentos y que estos sean seguros de consumir (Par Gramajo, 2019).

Los principales métodos para la conservación de alimentos son: la conservación en frío, que permite inhibir, de manera total o parcial, agentes que puedan alterar las propiedades del alimento, esto permite la conservación a largo plazo. Y la conservación mediante tratamientos térmicos que permite destruir agentes patógenos que deterioran el producto (Par Gramajo, 2019).

Cuando existe una sobreproducción de alimentos se puede evitar que estos sean desperdiciados mediante diferentes técnicas para su conservación como la deshidratación, método de conservación de alimentos por calor, que al extraer la mayor cantidad posible de agua de los alimentos detiene el crecimiento de microorganismos encargados de deteriorarlo y extiende su vida útil. (Cabrera Escobar, 2021).

La deshidratación consiste en eliminar de manera total o parcial, transfiriendo hacia el exterior, el agua que se encuentra contenida en una fruta. La función de la deshidratación es reducir la actividad de agua hasta el valor más bajo posible. Para realizar este proceso existen varios métodos, entre ellos, centrifugación, osmosis, secado solar, liofilización, aire forzado, entre otros (Jiménez Saiz, 2017).

El proceso de deshidratación llega a mejorar ciertos aspectos nutricionales de la fruta como el aumento de su contenido calórico, de fibra, hierro, calcio y magnesio, lo cual permite ser una opción saludable para incluir dentro de la dieta diaria de las personas. (ECOagricultor, 2023)

Para llevar a cabo este proceso de conservación de alimentos existen los deshidratadores que son dispositivos que pueden utilizar diferentes métodos para extraer el agua de los alimentos. Muchos de estos equipos son simples, tienen forma de hornos y su sistema de calefacción se basa en el uso de termostatos, ventiladores y temporizadores. Al circular el aire caliente por toda la cámara de deshidratación permite que el agua contenida en los alimentos se evapore. Este tipo de equipos suele consumir menos energía que los hornos convencionales. (Rodríguez, 2018).

La metodología implementada para el desarrollo del presente trabajo de titulación se basa en, métodos teóricos los cuales comprenden la revisión bibliográfica, método histórico-lógico y la sistematización; y los métodos empíricos que utilizan la experimentación, medición y observación para obtener resultados e información relevante.

El presente documento consta de seis capítulos. En el primer capítulo, diagnóstico del problema, se tratan puntos como, planteamiento del problema, justificación teórica, justificación práctica, objetivos generales, objetivos específicos, esto nos permite plantear las bases para el desarrollo del tema propuesto. El segundo capítulo marco teórico, se hace una revisión bibliográfica sobre la realidad de la zona, alimentos deshidratados, generalidades de los deshidratadores, sistemas de calefacción, sensores de humedad y temperatura, tarjetas de desarrollo, tecnologías de comunicación inalámbrica para redes locales, desarrollo de aplicaciones móviles para celulares, interfaz hombre máquina; para poder escoger los componentes adecuados para desarrollar el prototipo y así contribuir a que el lector conozca los conceptos básicos del tema. El tercer capítulo denominado marco metodológico, presenta los requerimientos del dispositivo, la concepción de su arquitectura, aspectos de diseño tanto de hardware como de software y el esquema de conexiones. El cuarto capítulo trata de la validación del prototipo, la cual se obtiene mediante pruebas de funcionamiento del dispositivo. Para finalizar el documento se obtienen las conclusiones y recomendaciones que se consideran adecuadas.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En este capítulo se desarrolló el diagnóstico y planteamiento del problema, en el cual se revisan los antecedentes necesarios para la investigación, que permiten dar paso al establecimiento de objetivos generales y específicos que regirán el trabajo de integración curricular.

#### 1.1 Planteamiento del problema

El control del contenido de humedad de un alimento permite la conservación de este, debido a que los alimentos con alto contenido de humedad tienden a descomponerse más rápido. Se ha observado que algunos alimentos con los mismos niveles de humedad poseen distintos tiempos de conservación, por lo que se debe considerar la interacción del agua con otros componentes del alimento. A través del ajuste de la actividad de agua dentro del alimento y la selección de un envase adecuado se puede alargar la vida útil del alimento durante su tiempo de almacenamiento. La deshidratación de alimentos permite una reducción del peso y volumen de los alimentos lo cual se traduce en una optimización de espacio de almacenamiento y de costos de transporte. Los alimentos sometidos a este tratamiento pueden ser utilizados como materia prima de otro producto a través del proceso de mezclado (Maupoey et al., 2020).

El presente proyecto busca diseñar y construir un prototipo deshidratador de frutos para pequeños productores, que permita conservar la producción no vendida, permitiendo así generar una forma de conservación para el excedente de la producción. Actualmente existen empresas o prototipos propuestos cuyo objetivo es prestar servicios semejantes, por tal razón se considera pertinente mostrar y describir los diferentes estudios y productos comerciales relacionados con el trabajo.

Tribest es una empresa que fabrica electrodomésticos de alta calidad. Entre sus productos estrella encontramos los deshidratadores Sedona para una deshidratación de alimentos saludable (Tribest, 2023), existen otras empresas como Klarstein que se enfoca en diseñar y fabricar productos sofisticados para el hogar y la vida moderna, entre sus productos destacan su línea de deshidratadores de alimentos (Klarstein, 2023).

De igual manera en la Universidad Pública de el Alto de Bolivia, Jiménez R, (2020) desarrolla un prototipo para la automatización de deshidratadores de alimentos. Por otra parte, en la

Universidad de Piura en Perú, Alcarazo, et al, (2020) han desarrollado un deshidratador casero con materiales reciclables con la finalidad que se brinde un proceso confiable y eficiente, donde el producto a evaluar obtenga los resultados esperados.

En Ecuador también existen prototipos desarrollados como es el caso de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE donde Guamán C, (2021) realiza el diseño y construcción de un deshidratador híbrido automatizado para frutas. También es el caso de la Universidad Politécnica Salesiana, donde Llumiquinga P & Suquillo B, (2015), realizan el deshidratador de frutas con circulación de aire forzado utilizando resistencias eléctricas.

Con todo lo mencionado anteriormente, se realiza la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar y construir un prototipo electrónico para la deshidratación de frutos para pequeños productores?

## **1.2 Sistematización del problema**

¿Cuáles son los parámetros requeridos de temperatura, tiempo y humedad para la deshidratación de frutos?

¿Cuáles son los requerimientos necesarios que debe cumplir un deshidratador de frutos enfocado a pequeños productores?

¿Cuál es el diseño que permite cumplir con los requerimientos propuesto para implementar un prototipo de frutos enfocado a pequeños productores?

¿Cuál es el *software* y hardware que permite implementar el diseño propuesto?

¿Como evaluar si el prototipo cumple los requerimientos planteados?

## **1.3 Justificación teórica**

Cuando existe una sobreproducción de alimentos como frutas y cereales, se puede evitar el desperdicio de estas a través de la conservación de alimentos aplicando la técnica de deshidratación, al extraer la mayor cantidad de agua posible de los alimentos se asegura la conservación porque se detiene el crecimiento de microorganismos que lo deterioran (Cabrera Escobar, 2021).

La deshidratación de alimentos, sobre todo frutas, es un método de conservación de alimentos muy antiguo, en Ecuador se registra que es una técnica que apenas comenzó a utilizarse hace un

par de décadas a pesar de que el país produce una gran variedad de frutas frescas todo el año. Según datos de Agronegocios dentro del país existen 15 empresas dedicadas a la producción de frutas deshidratadas y la mayoría de estas son utilizadas para exportación. Los países que poseen las cuatro estaciones durante el año son potenciales clientes de las frutas deshidratadas de Ecuador, porque el cambio de estaciones provoca que no se puedan producir frutas de manera regular como ocurre en nuestro país. En Ecuador, los métodos de deshidratación más utilizados sobre las frutas andinas son: Deshidratación solar, deshidratación osmótica, deshidratación por convección y liofilización (Cajamarca Carrasco et al., 2020).

La deshidratación de frutas es una gran opción a la hora de preservar la producción de los agricultores ecuatorianos de este tipo de alimentos, ya que como menciona John Preissing, representante de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) en Ecuador, el 45% de la fruta producida en el país se pierde, esto representa 939 000 toneladas métricas de alimentos, haciendo referencia a que la pérdida corresponde a lo que se queda en el proceso de producción y transporte hasta que llega a donde podría ser consumida. El desperdicio es lo que no se vende en el supermercado o las tiendas (El Universo, 2019).

Entre las principales características que convierten a la fruta deshidratada en una gran opción como alimento saludable y que puede ayudar a solventar los problemas de desnutrición antes mencionados, es que en su proceso de preparación (al secarlas) se concentran sus hidratos de carbono, fibras, proteínas y sales minerales, con el agregado de que son buena fuente de calcio, sodio, potasio, fósforo, hierro y magnesio. También son ricas en vitaminas A y B (Innecco, 2017).

Es importante mencionar que dentro del mercado existe una gran cantidad de deshidratadores como: Cosori, Rommelsbacher DA 750, LACOR 69123 y Severin OD 2940, que son los más populares en el mercado, los cuales se diferencian del prototipo planteado, en que estos no cuentan con base de datos, ni sistema de monitoreo, lo cual hace que el presente trabajo de titulación sea un prototipo diferenciado con respecto a lo que se puede encontrar actualmente de manera comercial (La vanguardia, 2022).

También existen sistemas propuestos como es el caso de la Universidad Pública de el Alto de Bolivia en la cual se implementó una automatización para deshidratador de alimentos (Jimenez Quispe, 2020), otro caso es el de la Universidad Autónoma de Occidente de Colombia donde se implementó un deshidratador de convección para frutas y vegetales (Murillo Arias 2007), y dentro de Ecuador también existen prototipos planteados como es el caso de la Universidad Politécnica Salesiana que propuso el diseño y construcción de un prototipo de deshidratador de frutas con

circulación de aire forzado utilizando resistencias eléctricas (Llumiyinga Moromenacho, Suquillo Pulupa, 2015).

Como sustentación a este trabajo de integración, hay que mencionar que este busca coincidir con el Art. 3 de la Constitución, en los numerales 1 y 5, establece que son deberes primordiales del Estado: Asegurar igualitariamente el disfrute de los derechos consagrados en la Constitución y en los tratados internacionales, destacando áreas como educación, salud, alimentación, seguridad social y acceso al agua para todos los ciudadanos. Además, se busca planificar el desarrollo nacional, eliminar la pobreza, fomentar el desarrollo sostenible y lograr una distribución equitativa de los recursos y la riqueza, todo ello en aras de alcanzar el concepto del Buen Vivir (Gutierrez, 2022).

Por otra parte, el trabajo de titulación se encuentra en el marco del proyecto denominado “Infancia con Futuro”, el cuál fue planteado por el gobierno actual, con el objetivo principal de reducir la desnutrición en el Ecuador de un 27% a un 23% (Swissinfo 2021). Todo esto apoyado también en el plan nacional de desarrollo 2021-2025 que en el objetivo 7.2 política busca modernizar y eficiencia de la educación usando herramientas tecnológicas y la innovación (Consejo Nacional de Planificación, 2021).

#### **1.4 Justificación aplicativa**

Se quiere diseñar e implementar un prototipo deshidratador de frutas enfocado a pequeños productores. El prototipo será construido en acero inoxidable de grado alimenticio, este material es considerado GRAS, por sus siglas en español, Generalmente Reconocido como Seguro. El dispositivo tendrá una base de datos con los parámetros de temperatura y tiempo de deshidratado de diferentes frutos de la región que permitirá el funcionamiento automático del deshidratador, y una aplicación móvil se encargarán de la interacción entre el usuario y el prototipo. Con esta interfaz el usuario podrá operar el prototipo y monitorear las variables del proceso en tiempo real. En la etapa de deshidratado se controlarán las variables de temperatura y humedad mediante sensores, permitiendo que se tenga la retroalimentación necesaria para que el calor aplicado se distribuya uniformemente. En el trabajo de titulación se escogerán todos los dispositivos de control, eléctricos, electrónicos, estructurales y la técnica de deshidratación a utilizar.



## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo general***

Diseñar y construir un prototipo electrónico para la deshidratación de frutos enfocado a pequeños productores.

### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Estudiar parámetros requeridos de temperatura, tiempo y humedad para la deshidratación de frutos.
- Definir requerimientos necesarios que debe cumplir un deshidratador de frutos enfocado a pequeños productores.
- Establecer el diseño que permita cumplir con los requerimientos propuesto para implementar un prototipo deshidratador de frutos enfocado a pequeños productores.
- Seleccionar el *software* y *hardware* que permita implementar el diseño propuesto.
- Evaluar si el prototipo cumple los requerimientos planteados.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se muestra toda la investigación teórica referente a la realidad de la zona, parámetros y factores que intervienen en el proceso de deshidratación de frutos. Por otra parte, se investigó las generalidades, tipos y características nutricionales de las frutas deshidratadas, así como también los diferentes equipos deshidratadores comerciales. Finalmente, se realiza un análisis comparativo entre las familias de los elementos eléctricos y electrónicos, además de los diferentes *softwares* utilizados para el desarrollo del presente trabajo de integración curricular.

#### 2.1 Deshidratación

Es un proceso con el cual, por medio del uso de aire caliente se logra eliminar un gran porcentaje del agua existente en los alimentos, con este proceso se evita la proliferación de microorganismos, lo cual permite alargar el tiempo de consumo del alimento sin que este pierda sus características nutricionales y de calidad, por otra parte los alimentos deshidratados tienen como ventaja su fácil almacenamiento ya que al reducir el porcentaje de agua se reduce el tamaño y un aspecto bastante importante es que logra dar un valor agregado al alimento (Cabascango, 2018).

##### 2.1.1 *Beneficios de las frutas deshidratadas*

El principal beneficio de la fruta deshidratada es su capacidad para proporcionar mucha energía, permitiendo que las personas se mantengan fuertes todo el día. Una porción de fruta deshidratada aporta entre 50 y 70 calorías a la ingesta alimentaria. Si se debe hacer una elección, las uvas pasas, los higos y las ciruelas son las que ofrecen mayor cantidad de energía. Las frutas deshidratadas representan una valiosa fuente de vitaminas y minerales. Por ejemplo, contienen calcio, hierro, potasio y magnesio, entre otros. También son ricas en vitaminas A, E y B, capaces de regular el funcionamiento del organismo y fortalecer el sistema inmunológico, algo relevante en estos tiempos. La fruta deshidratada tiene un alto contenido de fibra, de unos 12 gramos por cada 100 gramos, lo que contribuye a regular la digestión de quienes la consumen.

Otro beneficio asociado a la fruta deshidratada es su carácter antioxidante, muy beneficioso para la salud cardiovascular. Estos antioxidantes ayudan en la eliminación de toxinas, promoviendo una piel más saludable y previniendo así el envejecimiento prematuro. La fruta deshidratada resulta adecuada incluso para aquellas personas que padecen diabetes. Diversos estudios han

confirmado que, gracias a su alto contenido de fibra y antioxidantes polifenoles, las frutas deshidratadas poseen un índice glucémico que oscila entre bajo y medio. Por lo tanto, representan una opción favorable como sustituto de las frutas con mayor contenido de azúcar para aquellos individuos. Además, otro beneficio para adquirir fruta deshidratada es su capacidad para fortalecer los huesos, ya que contiene calcio y vitamina K, lo que contribuye a reforzar la estructura ósea y prevenir el desarrollo de enfermedades relacionadas (La Real, 2020).

Gracias a su baja cantidad de agua, la fruta deshidratada presenta una notable demora en su proceso de descomposición. Esto permite que se puedan conservar durante períodos prolongados y llevarlas fácilmente a cualquier lugar sin aumentar el peso ni el volumen de los objetos personales. La fruta deshidratada no posee azúcares añadidos, su dulzor intenso proviene de la concentración de los azúcares naturales presentes en ella. Esto las convierte en un excelente snack para calmar la ansiedad evitando el consumo de alimentos procesados. Además, su uso en repostería se ha expandido, ya que se puede reemplazar el uso de azúcar por frutas deshidratadas (Piwen Frutos Secos, 2021).

### ***2.1.2 Propiedades nutricionales de las frutas deshidratadas***

Cada 100 g de frutas desecadas o deshidratadas contiene: calorías: no supera las 320 calorías. Carbohidratos: elevada concentración de carbohidratos simples: entre 60 a 75 gramos. Proteínas: entre 1 y 4 g. Grasas: hasta 1.7 gramos- Hierro: moderada cantidad, importante para las personas que siguen dietas vegetarianas. Los orejones de durazno y el higo seco son los que mayor proporción presentan (Garnica, 2017).

En la *Tabla 2-1* se muestran los valores nutricionales de algunas frutas en estado fresco y deshidratado, con esta tabla se puede ver de mejor manera lo que aporta cada una de estas frutas.

**Tabla 2-1:** Valores nutricionales fruta fresca vs deshidratada

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

Fuente: (ECOagricultor 2023)

Realizador por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

La fruta deshidratada conserva sus propiedades nutricionales y puede llegar a aumentar en fibra, hierro, calcio y magnesio, según la tabla 2-1. Así como la fruta deshidratada es una opción saludable comparada con la fresca.

### 2.1.3 Vida útil de la fruta deshidratada

Cabe mencionar que la fruta deshidratada puede tener una vida útil de casi 1 año. Sin embargo, hay que considerar aspectos para su conservación, así una vez terminado el proceso de deshidratación, la fruta debe enfriarse antes de almacenarlo para evitar condensación en el recipiente, por otra parte, se recomienda guardar la fruta deshidratada en envases herméticos de vidrio o envases con cierre al vacío, otra recomendación sería mantener el producto en un lugar fresco, seco y alejado de la luz solar. Hay que tener en cuenta también que cada vez que se abra el recipiente las frutas deshidratadas tomarán humedad del ambiente por lo que es recomendable racionar en pequeñas cantidades (Conasi, 2023).

#### **2.1.4 Normas aplicadas para la deshidratación de frutas**

La deshidratación de frutas se rige a diversas normas nacionales e internacionales como el CODEX STAN 130 y la norma NTE INEN 2996 proporcionada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Las normas coinciden en los siguientes puntos como requisitos generales:

- Las frutas deben tener un olor y color característico de la variedad. Libre de olores extraños y trazas de olores procedentes de la fermentación.
- Utilización de frutas maduras, sin daños, roturas o mohos.
- Libre de insectos o gorgojos.
- Las materias extrañas en el producto como tallos, restos de piel y restos de semillas no deben ser superiores al 1% en base a 100g de producto.

Además, la norma NTE INEN 2996 menciona que los productos deshidratados deben cumplir con los requisitos del CPE INEN CODEX CAC/RCP-5:2014, referido al código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas deshidratadas.

Por otra parte, en el Reglamento Técnico para Frutas y sus Productos de la (Comunidad Andina, 2013) se menciona que los productos incluidos en la descripción de frutas deshidratadas deben contener mínimo 12% de humedad. Además, se especifica que las frutas pueden ser sometidas a pretratamientos con el objetivo de inactivar enzimas, destruir sustratos, limpiar el producto o favorecer la rehidratación.

Las normas mencionadas hablan sobre el empaquetado de las frutas deshidratadas, de esta manera los envases deben ser de materiales que no afecten a las características físicas, químicas y microbiológicas del producto.

#### **2.1.5 Temperatura y tiempos de deshidratación**

Es importante tener en cuenta la temperatura y el tiempo para realizar un correcto proceso de deshidratación, es así como la temperatura adecuada para poder deshidratar un alimento se encuentra entre los 50 y 60°C ya que si el alimento es sometido a temperaturas superiores el mismo puede llegar a cocinarse de manera externa impidiendo que el agua que se encuentra en su interior pueda ser eliminada (Cabascango, 2018).

En la *Tabla 2-1* se muestran las temperaturas recomendadas para cada tipo de alimento, esto con el fin de logra un deshidratado correcto.

**Tabla 2-2:** Temperaturas recomendadas para deshidratar alimentos

Producto	Temperatura Recomendada
Hierbas	Mayor que 35°C
Vegetales	Mayor que 42°C
Frutas	Mayor que 50°C

**Fuente:** (Cabascango 2018)

**Realizador por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

Como el trabajo de titulación se enfoca en las frutas, es importante indagar los diferentes parámetros y cómo prepararlas para que se encuentre en condiciones adecuadas antes de realizar la deshidratación. Como se menciona en la tabla anterior la temperatura recomendada para la deshidratación de frutas debe ser mayor a los 50°C pudiendo mantener una temperatura definida para todos los tipos. Por otra parte, es importante entender que lo que variará es el tiempo de deshidratado, dependiendo del tipo, cantidad, grosor, humedad y temperatura ambiente del lugar (National Presto Industries, 2020).

Contar con una guía para la deshidratación de frutas es de gran ayuda ya que con esa información se puede lograr una alta calidad en la fruta deshidratada, por esto en la *Tabla 2-2* se presenta una guía de deshidratación de frutas, enfocándose en cómo preparar, pretratar y tiempo de deshidratado. Es necesario mencionar que para esta tabla se toma en cuenta una temperatura de 57°C para todos los tipos.

**Tabla 2-3:** Guía para deshidratar frutas a una temperatura de 57°C

Fruta	Como preparar	Como pretratar	Tiempo de deshidratado
Fresas	Quite las hojas. Córtelas en mitades o en rebanadas de ¼ pulgada.	No es necesario	6 a 12 horas
Mora	Cortar por la mitad para facilitar el proceso y logra uniformidad	No es necesario	18-30 horas
Uvilla	Cortar por la mitad para facilitar el proceso y lograr uniformidad	No es necesario	12-24 horas
Durazno	Pélelos, si prefiere. Córtelos en mitades. Quite los huesos. Puede cortarlos en rebanadas de ¼ pulgada.	Ácido ascórbico, mezcla comercial o jugo de limón.	5-9 horas
Manzanas	Pélelas, si prefiere, y quite los corazones. Córtelas en anillos o en rebanadas de ⅛ a ¼ pulgada.	Ácido ascórbico, mezcla comercial o jugo de limón.	4 a 9 horas
Peras	Pélelas, quite los corazones y córtelas en rebanadas de ¼ pulgada	Ácido ascórbico, mezcla comercial o jugo de limón.	7 a 13 horas
Bananos	Pélelos y córtelos en rebanadas de ¼ pulgada.	Ácido ascórbico, mezcla comercial o jugo de limón.	6 a 8 horas
Arándanos	Quite los pedúnculos, métalos en agua hirviendo de 30 a 60 segundos y sumérjalos en agua con hielo para rajar la piel	No es necesario	8-16 horas
Mango	Pélelos y córtelos en rebanadas de ¼ pulgada.	No es necesario	12 horas
Piñas	Pélelas, quite los corazones y córtelas en rebanadas de ¼ pulgada.	No es necesario	7 a 11 horas

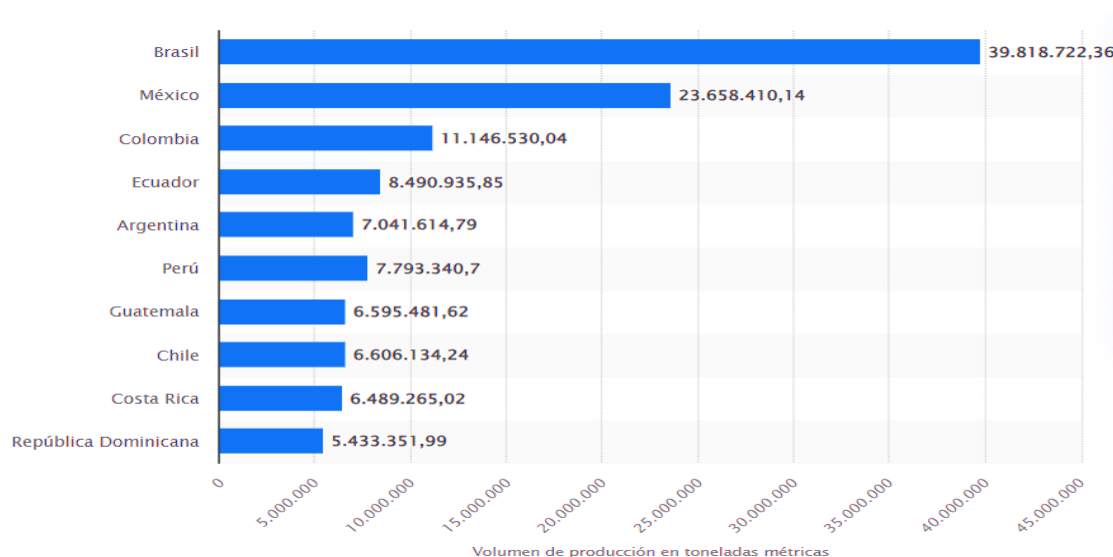
**Fuente:** (National Presto Industries 2020)

**Realizador por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

## 2.2 Realidad de la zona

En los últimos años, se ha incrementado a nivel mundial el interés por consumir productos naturales, saludables y orgánicos. Es evidente que dentro de este enorme grupo de productos se encuentran las frutas y las diferentes transformaciones que se les puede dar, como es el caso de las frutas deshidratadas, esto debido a la gran cantidad de minerales, vitaminas, fibra y fitonutrientes que pueden llegar a aportar, lo cual contribuye de manera positiva a la calidad de vida de las personas al disminuir riesgos en la salud. La actual tendencia representa una ventana de oportunidad para los países de América Latina que cuentan con una notable producción de frutas tropicales (Orrego, Salgado, Diaz, 2020).

En la *Ilustración 2-1* se puede observar el ranking en el que se encuentran los principales productores de frutas tropicales de la región de América Latina y el Caribe, es importante mencionar que solo se toma en cuenta la producción primaria de cada país (Statista, 2023).



**Ilustración 2-1:** Ranking de los principales países productores de fruta en América Latina

**Fuente:** (Statista 2023)

La diversidad del sector frutícola del Ecuador es atribuible a su ubicación geográfica, la que le permite contar con una gran variedad de microclimas propicios para la producción de frutas de alta calidad. El país cuenta además con cuatro regiones; Región Insular, Región Costa, Región Sierra y Región Amazónica. La Región Costa es donde se producen la mayor cantidad de frutas tropicales entre las principales se tiene: banano, maracuyá, piñas, mangos, papayas, melones, entre otras. En la Región Sierra se encuentra la producción de frutas como: peras, frutillas, manzanas, moras, uvas, uvillas, ciruelas, entre otras. Por último, la Región Amazónica donde se pueden encontrar las siguientes frutas: tomate de árbol, granadillas, naranjillas, zapotes, entre otras. Así, por los factores mencionados, se encuentra una producción de frutas todo el año en estas regiones. No se considera la Región Insular porque no tiene una alta producción de frutas y su economía se basa principalmente en el turismo (Medina Ruiz, 2017).

Con los antecedentes sobre el consumo de productos saludables y la gran producción de frutas en el país, uno de los mercados de mayor proyección son los snacks saludables, dentro de los cuales las frutas deshidratadas cobran mayor relevancia debido a su alto número de vitaminas y fitocompuestos los cuales son beneficiosos para la salud. Las frutas deshidratadas se han posicionado como un alimento saludable y natural por su facilidad de consumo y transporte, y su



prolongada vida útil comparadas con frutas frescas. Esta tendencia en el mercado alimenticio ha propiciado a que varias empresas de la región busquen satisfacer un nicho de mercado en constante crecimiento y con altas expectativas de calidad (Medina Ruiz, 2017).

De esta manera en la *Tabla 2-4* se presenta la demanda de frutas deshidratadas que ha presentado el Ecuador en los últimos años.

**Tabla 2-4:** Demanda histórica de frutas deshidratadas en Ecuador

Periodo	Demanda anual de frutas deshidratadas (fundas)
2017	743 549
2018	765 855
2019	788 831
2020	812 496
2021	836 871

Fuente: (Vega Chavez 2022)

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

La demanda histórica de las frutas deshidratadas en el Ecuador ha ido creciendo, lo que permite determinar que el mercado de estos productos es una oportunidad de negocio para los pequeños productores, lo que permitirá generar ingresos. En el país hay registradas unas 15 empresas dedicadas a producir frutas deshidratadas, pero la mayoría exporta el producto.

En pequeñas empresas la falta de tecnología y aplicación de normativa afecta directamente al rendimiento de deshidratación, según datos estadísticos es de 4 a 1 kg para pasar de fruta fresca a deshidratada, por la falta de un control adecuado en todo el proceso se puede cambiar las propiedades física y químicas de la fruta debido a la exposición al sol y a la lluvia y la desventaja más notable es que el producto no se deshidrata uniformemente, lo cual es un factor importante para determinar la calidad. Además, el proceso de deshidratado tradicional mediante radiación solar tarda demasiado, teniendo tiempos de deshidratado de entre 5 a 6 días. En pequeñas empresas la falta de tecnología y aplicación de normativa es otro problema, ya que afectan directamente al rendimiento de deshidratación, el de 4 a 1 kg según datos estadísticos para pasar de fruta fresca a deshidratada, debido a la falta de un control adecuado en todo el proceso (Acosta Moreno, 2023). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

### 2.3 Generalidades de los deshidratadores

Los deshidratadores son dispositivos simples con forma de horno que están equipados con uno o más ventiladores, un termostato y, en modelos más avanzados, un temporizador. Mediante la

circulación de aire caliente, se logra la evaporación del agua presente en los alimentos, los cuales se distribuyen en bandejas horizontales. Aunque los tiempos de deshidratación son prolongados, emulando el proceso de secado al sol, los deshidratadores consumen mucha menos energía en comparación con los hornos convencionales. Es posible deshidratar una amplia variedad de alimentos, incluyendo frutas, verduras, setas, hierbas aromáticas, granolas, entre otros (Rodríguez, 2018).

### **2.3.1 Tipos de deshidratadores**

**Deshidratadores directos.** - Este tipo de deshidratadores utilizan gases calientes para realizar el deshidratado de los alimentos, transmitiendo el calor por convección fundamentalmente. Los deshidratadores de este tipo pueden ser continuos o intermitentes, de esta manera los primeros se logra un costo total de funcionamiento menor esto debido a que son utilizados para producir grandes cantidades, mientras que los segundos se utilizan para bajas capacidades de producción (Maupoey et al., 2020).

De esta forma los gases calientes que se pueden usar son:

- Aire calentado por vapor de agua.
- Productos de la combustión.
- Gases inertes.
- Vapor recalentado.
- Aire calentado por radiación solar.

Algunos ejemplos de deshidratadores indirectos o por convección son:

- Secadores en bandejas o charolas.
- Secadores de túnel.
- Secadores rotatorios.
- Secadores por aspersión.

**Deshidratadores indirectos.** - Usan una transmisión de calor hasta los alimentos mediante una pared, por lo general una pared metálica. Este tipo de deshidratadores es recomendable para deshidratar productos termolábiles o fácilmente oxidables (Maupoey et al., 2020).

Las fuentes de calor que se utilizan en para este deshidratador pueden ser:

- Vapor que condensa.
- Agua caliente.

- Aceites térmicos.
- Gases de combustión.
- Resistencia eléctrica.

Algunos ejemplos de deshidratadores indirectos o por conducción son:

- Secadores de tambor.
- Secadores indirectos al vacío con anaqueles.

**Deshidratadores por radiación.** -Se basan en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad de los alimentos, esta energía radiante o electromagnética tiene una longitud de onda que se encuentra dentro del rango de espectro solar y microondas (Maupoey et al., 2020).

**Deshidratadores dieléctricos.** - Se enfocan en generar el calor dentro del mismo alimento, esto mediante la agitación de las moléculas polares producidas por un campo eléctrico, siendo este campo uniforme en todo el alimento, haciendo a este deshidratador una gran opción para secar alimentos de gran tamaño. Como tal el campo de aplicación es reducido debido al gran costo de operación que tiene (Maupoey et al., 2020).

### 2.3.2 *Deshidratadores existentes en el mercado.*

En el mercado existen una gran variedad de deshidratadores, en esta parte se muestra varios modelos y marcas enfocándose en criterios de calidad y precios. Además, hay que mencionar que otros aspectos a considerar en un deshidratador son la eficiencia, la versatilidad y la durabilidad del dispositivo. Así presentamos 4 de los mejores modelos del mercado.

**Cosori.** - Es un deshidratador tipo horno, como se ve en la *Ilustración 2-2*, fabricado en acero inoxidable de grado alimenticio, por lo que no tiene componentes tóxicos que puedan perjudicar la salud de los usuarios. Entre sus especificaciones técnicas se puede encontrar que cuenta con una potencia de 650W, cuenta con un temporizador para programarlo desde 30 minutos hasta 48 horas y el rango de temperatura que tiene este modelo va desde los 35°C hasta los 75°C (La vanguardia, 2022).



**Ilustración 2-2:** Deshidratador Cosori.

**Fuente:** (La vanguardia 2022)

**Colzer ST-06.** -Modelo rectangular de acero inoxidable de grado alimenticio tanto en su estructura externa como interna y sus bandejas, como lo muestra en la *Ilustración 2-3*. Posee 12 bandejas cuadradas de 29 x 29 centímetros. Funciona con la red eléctrica de 110V, brinda una potencia de 800 Watts. El rango de temperatura que maneja va desde los 20°C hasta los 90°C utilizando la técnica de aire forzado para distribuir el calor por toda la cámara de deshidratación (Amazon, 2023a).



**Ilustración 2-3:** Deshidratador Colzer ST-06.

**Fuente:** (Amazon 2023a)

**Colzer ST-02.** – Deshidratador en forma rectangular como se muestra en la *Ilustración 2-4*. Posee una capacidad de 16 bandejas de 39.12 x 39.12 centímetros fabricadas en acero inoxidable de grado alimenticio al igual que el resto del dispositivo. Cuenta con ventilador de secado de doble fila y circulación de aire de 1600rpm. Su rango de temperatura va desde los 40°C hasta los 90°C. Se alimenta con 110V y posee una potencia de 1500 Watts/hora (Amazon, 2023b).



**Ilustración 2-4:** Deshidratador Colzer ST-02.

**Fuente:** (Amazon 2023b)

**Dakota DKD-16.** – Deshidratador con estructura rectangular en acero inoxidable de grado alimenticio. En su parte interna contiene espacio para 16 bandejas tipo rejilla a prueba de aceite. Utiliza un sistema de circulación de aire tipo horizontal lo que permite un deshidratado más uniforme y rápido. Funciona a 220V, por lo que entrega una potencia de 1350 Watts. A diferencia de los modelos anteriores este posee un panel de control digital como lo muestra la *Ilustración 2-5* (Electrogarline, 2023).



**Ilustración 2-5:** Deshidratador Dakota DKD-16.

**Fuente:** (Electrogarline 2023)

## 2.4 Componentes de un deshidratador

Un deshidratador de alimentos consta de varios componentes necesarios para su funcionamiento, empezando por la parte estructural, ya que el material con el que se realice necesitará ser apto para entrar en contacto con los alimentos, otro punto importante es el sistema de calefacción que será el encargado de calentar el aire que circulará en la cámara de deshidratación, sistema de ventilación que será en que permita generar un flujo de aire en el deshidratador, bloque de control, comunicación, sensores y actuadores del prototipo y finalmente el bloque de alimentación haciendo énfasis a la red eléctrica y a un sistema de respaldo de baterías.

### 2.4.1 *Material de construcción*

Para la construcción del prototipo deshidratador de frutas es importante regirse a la normativa para la elección de los materiales de construcción, es así como el Reglamento (CE) N° 1935/2004 sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos en su Anexo I permite el uso de acero inoxidable, vidrio templado y acrílico.

**Acero inoxidable.** – Son aleaciones de varios elementos como es el caso del hierro, el cromo y el carbono, todos estos complementándose principalmente con el níquel, hay que tener en cuenta que es el cromo el que le da la característica de inoxidable ya que este elemento genera una capa que permite aislar el material de los ataques corrosivos. Este tipo de aceros se clasifican generalmente en cuatro familias: martensíticos, ferríticos, austeníticos, dúplex y endurecidos por precipitación (PH) (Ulbrinox, 2020).

**Acrílico.** – Es un polímero, es decir de la familia de los plásticos, entre sus características principales destaca su gran resistencia y rigidez. Este polímero tiene un gran desempeño cuando se trata de trabajar a la intemperie. El acrílico tiene una gran variedad de usos desde letreros hasta aplicaciones más exigentes como es la construcción de ventanas de submarinos. Es importante mencionar que este material se encuentra aprobado para ser utilizado en la industria alimentaria (Aceroform, 2023).

**Vidrio templado.** – Conocido como vidrio de seguridad, cuenta con un tratamiento térmico que le permite consta con una alta resistencia en comparación con el vidrio normal. Por su versatilidad es uno de los materiales que más se usan a nivel doméstico e industrial. Una de las características más importantes de este material es que no llega a absorber el calor lo cual le permite tener una

mayor resistencia al estrés térmico pudiendo soportar diferencias de temperatura que pueden llegar hasta los 250°C (MegaGlass, 2023).

#### 2.4.1.1 Análisis comparativo de los materiales de construcción

La Tabla 2-5 compara tres materiales utilizados en el ámbito doméstico e industrial: acero inoxidable, acrílico y vidrio templado.

**Tabla 2-5:** Comparativa materiales de construcción.

Características	Acero inoxidable	Acrílico	Vidrio templado
Resistencia al impacto	Alta	Baja a moderada	Alta
Susceptible a corrosión	No	Si	No
Dureza (Mohs)	6.0	8.0-9.0	6.0-7.0
Conductividad térmica	Buena	Baja	Moderada
Peso	11.89 kg - 356.70 kg	5.60 kg – 45.77 kg	10 kg - 30 kg
Fabricación	Fabricación especial	Relativa facilidad	Herramientas especiales
Precio (dólares)	\$150 - \$2020	\$62	\$110 - \$1800

**Fuente:** (Ulbrinox 2020); (Aceroform 2023); (MegaGlass 2023)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

De la Tabla 2-5 se pueden seleccionar los materiales de construcción para el prototipo al acero inoxidable y al vidrio templado, ya que tienen una resistencia bastante alta, su conductividad térmica es adecuada para la aplicación requerida, además de que estos dos materiales tienen una aprobación para usarse en la industria alimenticia.

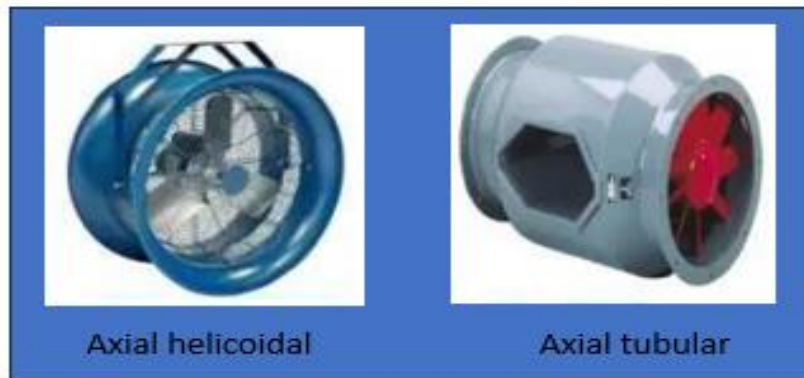
#### 2.4.2 Sistema de ventilación

Se considera que un ventilador es una máquina rotativa la cual tiene como función principal mover una determinada cantidad de aire, esto mediante la transmisión de energía para generar una cierta presión con la cual se puede tener un flujo de aire continuo. Un ventilador consta de tres partes fundamentales para su funcionamiento: un marco un motor y una hélice (Martínez, 2023).

##### 2.4.2.1 Tipos de ventiladores

Existe diferentes clasificaciones para los tipos de ventiladores, sin embargo, en este caso es importante concentrarse en el recorrido del aire por el ventilador, de esta manera se hace referencia a la clasificación según la trayectoria del aire, teniendo los siguientes tipos: axial, centrífugo y tangencial.

**Ventilador axial.** – En este tipo de ventiladores el flujo de aire producido por la hélice sigue la dirección del eje. Se conocen como helicoidales, su uso se recomienda cuando se requiere mover grandes caudales de aire a una presión baja. Una de sus características principales es su bajo costo. Existe una subdivisión de este tipo de ventiladores que son: helicoidales y tubulares los cuales se observan en la *Ilustración 2-6* (Soler&Palau, 2023).



**Ilustración 2-6:** Tipos de ventiladores axiales

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

**Ventilador centrífugo.** – El flujo de aire en este ventilador es movido por una turbina y lo expulsa haciendo que cambie su dirección en  $90^\circ$  entre la entrada y la salida. Una de las características de los ventiladores centrífugos es que son capaces de entregar más presión que los ventiladores axiales. Dependiendo de la forma de los álabes del rotor podemos encontrar la siguiente clasificación: álabes curvados hacia adelante, álabes rectos y álabes curvados hacia atrás. En la Ilustración se puede observar los álabes de este tipo de ventiladores centrífugos (Soler&Palau, 2023).



**Ilustración 2-7:** Álabes de los tipos de ventiladores centrífugos.

**Fuente:** (Exhibir 2023)



**Ventilador tangencial.** – En este caso se carece de una carcasa de impulsor. Presenta un diámetro compacto y un motor acoplado directamente a uno de sus extremos. La peculiaridad de estos dispositivos es que el flujo de aire entra y sale del impulsor en dirección perpendicular a su eje, lo que conduce a su paso por el citado impulsor (Soler&Palau, 2023).

#### 2.4.2.2 Análisis comparativo de los tipos de ventiladores

En la *Tabla 2-6* se encuentra los tipos de ventiladores mencionados anteriormente, en donde se analizan y comparan las diferentes características de cada uno de ellos. Esta tabla proporciona una visión general que puede ser útil para seleccionar el tipo de ventilador más adecuado según las necesidades específicas de una aplicación dada.

**Tabla 2-6:** Comparativa de características de ventiladores

Característica	Axial	Centrífugo	Tangencial
Metodología de ventilación	Permite que el aire entre y salga del ventilador.	Impulsa el aire en una dirección determinada.	Dispersa el aire en áreas de máxima presión estática.
Diseño del impulsor	Impulsor de pala	Impulsor de álabes	Impulsor tangencial
Dirección del flujo de aire	Paralela al eje	Radial al eje	Tangencial al eje
Eficiencia	Alta	Alta	Generalmente alta
Presión generada	Baja	Media a alta	Baja a media
Aplicaciones comunes	Ventilación General	HVAC, Sistemas de calefacción, soplado de materiales, bombas de vacío.	Enfriamiento de equipos electrónicos, refrigeración de CPU, secadoras de mano.
Voltaje de alimentación	12 V a 110/220 V	12 V a 230/400V	12 V a 400 V
Silencioso	Si	No	Si
Precio (dólares)	\$5-400	\$24-900	\$12- 500

**Fuente:** (Soler&Palau 2023)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

De acuerdo con la *Tabla 2-6* los ventiladores axiales son los más adecuados para la construcción del prototipo deshidratador de frutas ya que este tipo de ventilador permite que el aire ingrese y salga del ventilador, lo cual lo hace un elemento perfecto para trabajar en ambientes cerrados, otra de sus ventajas respecto a los otros tipos es que son silenciosos, cuentan con más opciones de alimentación 12V a 110/220V.

### 2.4.3 Sistema de calefacción

Es un método o sistema que cuenta con un ventilador incorporado, el cual posibilita la dirección del aire caliente hacia diversas áreas con el propósito de mantener o incrementar la temperatura. DE esta manera los sistemas de calefacción pueden utilizar Gas Licuado de Petróleo (GLP), diésel o electricidad para su funcionamiento.

En la *Ilustración 2-8* se muestra los diferentes tipos de calefactores que se pueden encontrar en el mercado, empezando por el de GLP, el calefactor de diésel y el calefactor eléctrico.



**Ilustración 2-8:** Tipos de calefactores.

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

**Calefactor de GLP.** - Es un dispositivo de calefacción que utiliza gas propano o butano como combustible. Estos calefactores están diseñados para generar calor a través de la combustión del GLP, proporcionando una fuente de calor en espacios interiores o exteriores. Los calefactores de GLP son populares por su portabilidad y facilidad de uso, y se usan en áreas sin acceso a una fuente de energía eléctrica o como alternativa más económica para calentar ambientes. Estos calefactores suelen contar con sistemas de seguridad, como apagado automático en caso de detectar falta de oxígeno o inclinación excesiva, para garantizar una operación segura (HydroEnvinroment, 2022).

**Calefactor de diésel.** - Es un dispositivo de calefacción que utiliza combustible diésel como fuente de energía para generar calor. Estos calefactores están diseñados para calentar espacios interiores o exteriores mediante la combustión del diésel. El combustible se quema dentro del calefactor, generando calor que luego se distribuye a través de un sistema de ventilación o radiadores (HydroEnvinroment, 2022).

**Calefactor eléctrico.** - Es un dispositivo de calefacción que utiliza electricidad como fuente de energía para generar calor. funcionan mediante resistencias eléctricas que generan calor cuando la corriente eléctrica pasa a través de ellas. Este calor se dispersa en el ambiente a través de elementos de calentamiento, como bobinas, placas radiantes o elementos cerámicos. Algunos calefactores eléctricos también utilizan ventiladores para distribuir el aire caliente de manera más eficiente (Del Amo, 2023).

#### 2.4.3.1 Análisis comparativo de calefactores

La *Tabla 2-7* proporciona una comparación detallada de tres tipos de calentadores: GLP (gas licuado de petróleo), diésel y eléctrico. Estos calentadores se utilizan normalmente para proporcionar calor para diversos fines y cada uno tiene sus propias características distintivas.

**Tabla 2-7:** Comparativa de características de calefactores

Características	Calefactor de GLP	Calefactor diésel	Calefactor eléctrico
Fuente de Energía	Gas licuado de petróleo	Diésel	Eléctrica de 12V - 220V
Eficiencia	Alta	Alta	Generalmente Alta
Contaminación del Aire	Emisiones de CO2 y NOx	Emisiones de CO2 y NOx	No produce emisiones
Instalación y Mantenimiento	Requiere tuberías de gas y regulador	Requiere tanque de combustible, tanque de almacenamiento	Suministro eléctrico
Ruido	Poco ruidoso	Ruidoso en funcionamiento	Silencioso
Portabilidad	Limitada	Limitada	Portátil

**Fuente:** (HydroEnvinroment 2022); (Del Amo 2023)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

Con la información obtenida del análisis comparativo de la *Tabla 2-7* se decide utilizar el calefactor eléctrico ya que este a diferencia de los calefactores de GLP y diésel no produce ningún tipo de gas nocivo que pueda contaminar las frutas, de igual manera su instalación no requiere de otros elementos ya que solo requiere tener una conexión a la red eléctrica de 12V-220V.

#### 2.4.4 Bloque de sensores

Es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio, que puede referirse a la presencia o ausencia de un material, cantidad capaz de medirse como cambios de temperatura, distancia, color, velocidad, entre otras. Los sensores son el enlace para el mundo ciber físico, ya que proporcionan una comunicación entre el mundo real y los sistemas de control ya sean

eléctricos o electrónicos (Domínguez Gros, Solé Casals, 2019). En la Ilustración se pueden visualizar los tipos de sensores tales como: capacitivos, resistivos y ultrasónicos.



**Ilustración 2-9:** Tipos de sensores

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

**Sensores Capacitivos.** - Reaccionan ante no metales tales como vidrio, papel, cerámica, cartón, entre otros materiales que se encuentren en la clasificación de sólidos, líquidos y polvos. La variable a medir se refleja en el cambio dado en la capacitancia del sensor, que puede producirse por una variación en la constante dieléctrica del elemento (Brunete, San Segundo, Herrero, 2020). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

**Sensores Resistivos.** - Este tipo de sensores se basa en medir el cambio en la resistencia del elemento, el cuál puede ser alterado por varios materiales e incluso factores externos tales como, temperatura, humedad, desplazamiento, deformación, cantidad de luz, entre otros (Franco Martínez, 2022).

**Sensores Ultrasónicos.** – Basan su funcionamiento en la emisión de sonidos inaudibles en cualquier frecuencia. Su función principal es la de detectar objetos a través de la emisión y reflexión de ondas acústicas. Este tipo de sensores tiene dos partes un emisor y un receptor que tiene como transmisión el aire (Brunete, San Segundo, Herrero, 2020). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

#### 2.4.4.1 *Análisis comparativo de familia de sensores*

En la *Tabla 2-8* se presenta una comparativa entre las características de los tipos de sensores expuestos.

**Tabla 2-8:** Comparativa entre las familias de sensores

Características	Sensores Capacitivos	Sensores Resistivos	Sensores Ultrasónicos
Tamaño	3 mm - 50 mm	1 mm - 100 mm	15 mm - 1000 mm
Alimentación	5 V - 24 V DC	1.8 V - 5 V DC	5 V - 24 V DC
Corriente máxima	10 mA - 50 mA	5 mA - 20 mA	10 mA - 100 mA
Rango de medida	0.1 mm - 15 mm	0.1 mm - 50 mm	20 mm - 5000 mm
Tipo de medición	Contacto o sin contacto	Contacto	Sin contacto
Error de medición	$\pm 0.05$ mm - $\pm 0.2$ mm	$\pm 0.1$ mm - $\pm 0.5$ mm	$\pm 1$ mm - $\pm 10$ mm
Precisión	Alta	Media	Variable según diseño
Variables físicas que pueden medir	Distancia, presencia, posición, temperatura, humedad	Presión, deformación, temperatura, humedad	Distancia, detección de objetos
Precio (dólares)	\$10 - \$200	\$5 - \$150	\$20 - \$300

**Fuente:** (Brunete, San Segundo, Herrero 2020); (Franco Martínez 2022)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

De la *Table 2-8* se puede determinar que la mejor opción de las familias de sensores son los capacitivos, esto debido a que su rango de error de medición es de  $\pm 0.05$  mm a  $\pm 0.2$  mm, siendo mejor que el resistivo y ultrasónico, por otra parte, su alta precisión y su tipo de medición sin contacto y con contacto son un aspecto fundamental.

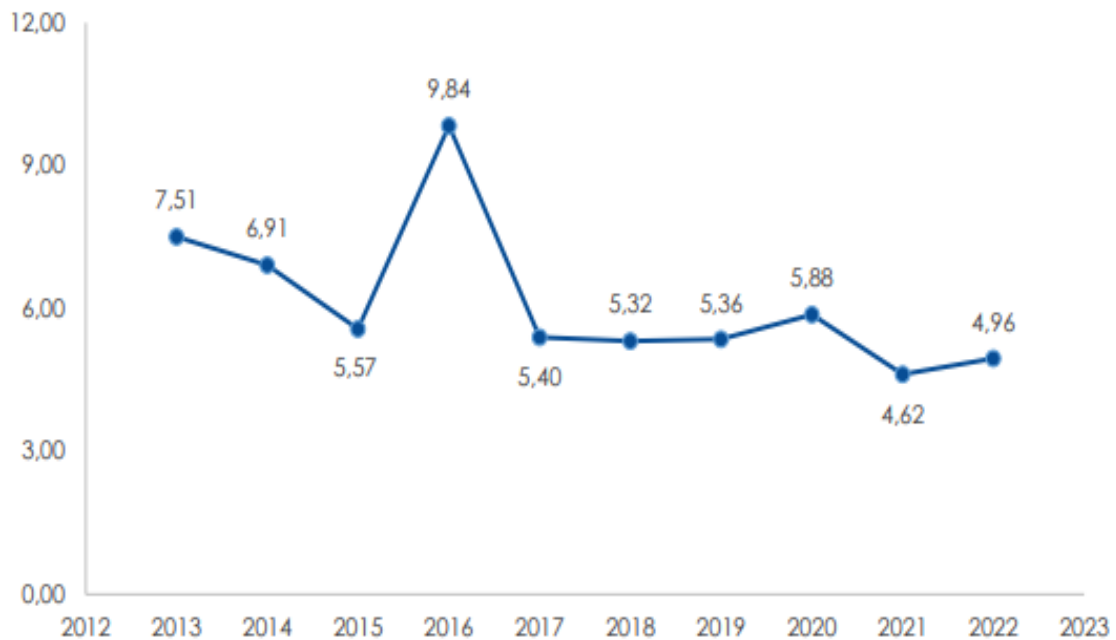
#### 2.4.5 Red eléctrica

Es una de las bases fundamentales en el mundo tecnológico en el que vivimos, porque es la encargada de distribuir la energía necesaria para operar equipos electrónicos en la industria y los hogares. Actualmente la red eléctrica está sufriendo un gran cambio enfocado a la eficiencia y un trato correcto de la energía con una nueva tecnología llamada SmartGrid, esta tecnología busca solventar una de las grandes desventajas de la red eléctrica como es el desajuste que existe entre el control de la producción y el control de consumo (Temas Tecnológicos, 2023).

Con lo antes mencionado es evidente que al hablar del desarrollo de un deshidratador electrónico es de suma importancia considerar que se debe tener un suministro de energía eléctrica para el correcto funcionamiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos que se incluirán en el prototipo.

De esta manera, según los datos proporcionados en el informe anual del año 2022 por parte del Operador Nacional de Electricidad el promedio al que se somete el país en lo que a horas de desconexión del suministro eléctrico se refiere corresponde a un rango de 5.40 a 9.84 horas, tal

como se puede observar en la *Ilustración 2-10*. Se menciona que estas horas de desconexión suelen producirse por fallas en el sistema o por mantenimiento programados en la red eléctrica.



**Ilustración 2-10:** Horas de desconexión de la red eléctrica en Ecuador

Fuente: (CENACE 2022)

Por otra parte, la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. (2022) en su sitio web informa que suelen producirse desconexiones del suministro de energía eléctrica en un promedio de 2 a 3 horas, esto por trabajos programados por la empresa, mantenimientos o fallas (Empresa Eléctrica Riobamba S.A., 2022).

## 2.5 Tecnologías de control y comunicación

En este apartado se presenta una revisión bibliográfica enfocado a tarjetas de desarrollo y tecnologías de comunicación inalámbrica. Esto para entender y analizar los avances y tendencias en la intersección de la electrónica y las comunicaciones, destacando la importancia de estas tecnologías en la actualidad, para así escoger la mejor opción posible aplicable al prototipo a diseñar.

### 2.5.1 Tarjetas de desarrollo

Es un circuito electrónico cuyo componente principal es un microcontrolador o dispositivo lógico, posee puertos, conectores y reguladores que permiten que el usuario pueda acceder fácilmente a

los periféricos para realizar aplicaciones y pruebas, una vez programada la tarjeta (Palma Castro, Rodríguez Osorio, 2011).

**Arduino.** - Está compuesto por dos partes principales: la tarjeta Arduino que es el objeto físico de trabajo donde se pueden implementar y crear proyectos; y el entorno de desarrollo integrado de Arduino o conocido como IDE, el cual es el *software* que permite la programación de la tarjeta, sus puertos, entradas y salidas (Banzi, Shiloh, 2022).

La tarjeta Arduino puede enviar y recibir información en internet con la ayuda de placas de expansión conocidas como Arduino Shields. Los modelos de Arduino pueden contener microcontroladores 8-bit Atmel AVR o 32-bit Atmel AVR fabricados por Atmel y que pueden programarse en lenguaje C o C++ (Louis, 2016)

**Raspberry PI.** - Es una computadora integrada en una sola tarjeta de circuito con los componentes necesarios para operar, se conoce como un computador en una sola placa. El objetivo de este minicomputador es servir como una plataforma para las personas interesadas en programación o control de periféricos de bajo nivel (Salcedo Tovar, 2015).

Son dispositivos de computación con una gran potencia ya que trabajan con procesadores ARM Cortex, por ejemplo, el modelo RPi3 posee un ARM Cortex-A53 a 1.2GHz lo que le da la capacidad de ejecutar 700 millones de instrucciones en un segundo. Para su funcionamiento es necesaria una potencia entre 0.5 y 5.5 W, por lo que son dispositivos de baja potencia (Molloy, 2019).

**ESP32.** - Se denomina como un System on a Chip, Sistema en un chip en español, que brinda al usuario conectividad por medio de WiFi y Bluetooth a 2.4GHz, potencia computacional, entradas y salidas de propósito general, RTC, soporte para comunicaciones de tipo serial e I2C, opción de operar en baja potencia y hardware dedicado a la seguridad. Trabaja con un microprocesador Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 con procesamiento de hasta 600 millones de instrucciones por segundo, posee una memoria ROM de 448KB, una SRAM de 520 KB, una SRAM del RTC a 16KB y cuenta con soporte QSPI para chips de memoria flash y SRAM. (Bertoletti, 2019).

#### 2.5.1.1 *Análisis comparativo de las tarjetas de desarrollo*

En la *Tabla 2-10* se muestra una comparación, basada en fuentes bibliográficas, entre las distintas tarjetas de desarrollo.

**Tabla 2-9:** Comparativa de tarjetas de desarrollo

Características	Arduino	Raspberry PI	ESP32
Procesador	-Uno: Atmega 328P -Mega: Atmega2560	ARM Cortex-A53	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6
Velocidad	8MHz-48MHz	700MHz-1.2GHz	160MHz-240MHz
Entradas/Salidas Digitales	-Uno: 14 -Mega: 54	26	34
Entradas analógicas	-Uno: 6 -Mega: 16	No posee entradas analógicas integradas.	18
Conectividad	WiFi y Bluetooth mediante uso de módulos aparte.	-802.11ac WiFi -Bluetooth 5.0 -Gigabit Ethernet	-WiFi 802.11b/g/n HT40 -Bluetooth 4.2 y BLE.
Lenguaje de programación	C/C++	C/C++ Python	C/C++
Consumo energético	46mA-65mA	500mA-700mA	95mA-240mA
Voltaje de funcionamiento	5V-12V	5V	1.8V-3.6V
Precio	\$11.99-64.99	\$69.99-144.99	\$9.99-17.99

**Fuente:** (Louis 2016); (Molloy 2019); (Bertoletti 2019)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Una vez realizado el análisis de la *Tabla 2-10* la tarjeta de desarrollo que se seleccionó para la construcción del prototipo es la ESP32 debido a su precio, la cantidad de entradas/salidas digitales y analógicas que posee, y la velocidad promedio que ofrece su procesador.

### 2.5.2 Tecnologías de comunicación inalámbrica para redes de área local (LAN)

Son estructuras que permiten la comunicación dentro de un área limitada como casa, departamentos, oficinas, entre otros. Son redes optimizadas que permiten gran rapidez y fiabilidad al momento de transmitir datos. Poseen un medio compartido por lo que se pueden enviar mensajes a los dispositivos conectados a la red a la vez. Los cables para la comunicación son un inconveniente, por ello surgió como alternativa implementar redes inalámbricas que abaratan costos y permiten la transmisión de datos a distancia (González Pérez, 2012).

**WiFi.** - Surge en los años 90 debido a la necesidad de establecer conexiones inalámbricas entre diferentes dispositivos. Para transmitir el aire empleando ondas de radio, estas redes usan redes. Dependiendo del estándar empleado en el sistema, las ondas tendrán una frecuencia de 2.4 o 5



GHz, por ello su alcance máximo puede ser de algunas decenas de metros. Permite una comunicación rápida y cómoda al poderse realizar sin la necesidad de tener dispositivos estáticos o muy cerca (Machuca González, 2022).

**Bluetooth.** - Es un estándar de comunicación radio de alcance limitado, permite la transmisión de voz y datos entre dispositivos. Abarca varias aplicaciones como la interconexión de periféricos, transmisión inalámbrica de voz y audio, envío de datos en dispositivos móviles. Se caracteriza por su robustez, bajo coste y bajo consumo, por lo que varias empresas la han convertido en la especificación más extendida para la comunicación inalámbrica. Desde su versión 4 incluye un sistema denominando Bluetooth LE que fue desarrollada para reducir su consumo de energía, complejidad, coste y mejorar su adaptabilidad a los entornos de operación (Sesé Vega, López Vicario, Vilajosona Guillén, 2020).

**Zigbee.** - Surge en 2002 como una mejora al estándar IEEE 802.15.4, tiene como objetivo crear estándares abiertos que permitan el impulso del IoT. Se implementa como una solución de comunicación con bajos requisitos de velocidad de transmisión de datos, pero con la necesidad de que las transmisiones sean seguras y con bajo consumo eléctrico. Permite la conexión de dispositivos a través de la topología tipo malla con lo que cada uno de ellos está conectado con los demás. Su alcance es de entre 10 y 100 metros (López Seuba, 2019).

**Z-Wave.** - Es la competencia directa de Zigbee, aunque posee algunos aspectos técnicos diferentes. Trabaja a frecuencias inferiores lo que lo hace inmune a interferencias ocasionadas por emisiones de microondas como las que produce WiFi o Zigbee. Posee una mejor compatibilidad, lo que mejora la comunicación en un mundo de dispositivos heterogéneos y diversas versiones de especificaciones inalámbricas. Es una tecnología de bajo consumo y baja capacidad de transferencia lo que mejora su fiabilidad y la latencia existente en las comunicaciones de área local, su protocolo es más simple por lo que su implementación es sencilla y rápida (López Seuba, 2019).

#### 2.5.2.1 *Análisis comparativo de las Tecnologías de comunicación inalámbrica para redes de área local (LAN)*

Una vez realizada una búsqueda en fuentes bibliográficas, se presenta en la *Tabla 2-11* una comparación entre las distintas tecnologías de comunicación inalámbrica para redes LAN.

**Tabla 2-10:** Comparativa de las tecnologías de comunicación inalámbrica

Características	WiFi	Bluetooth	Zigbee	Z-Wave
Estándar	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4
Alcance	100m	Transmisores: <ul style="list-style-type: none"> <li>Clase 1: 100m</li> <li>Clase 2: 10m</li> <li>Clase 3: 1m</li> </ul>	10-100m	30 – 100m
Velocidad	150Mbps	54Mbps	250Kbps	100Kbps
Límite de dispositivos	Entre 32 y 255	Entre 2 y 7	65K teóricamente, en la práctica se limita según el ancho de banda.	Hasta 232
Seguridad	Métodos de encriptación: <ul style="list-style-type: none"> <li>WEP</li> <li>WPA</li> <li>WPA2</li> </ul>	Algoritmo de generación de claves: AES-CMAC. Cifrado: AES-CCM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encriptación AES de 128 bits.</li> <li>Seguridad centralizada.</li> <li>Seguridad distribuida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encriptación AES de 128 bits.</li> <li>Seguridad centralizada.</li> <li>Seguridad distribuida.</li> </ul>
Arquitectura	Elementos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Basis Service Set (BSS).</li> <li>Estaciones</li> <li>Medio inalámbrico.</li> <li>Sistema de distribución (DS).</li> <li>Punto de acceso (AP)</li> </ul>	Capas: <ul style="list-style-type: none"> <li>Controller</li> <li>Host</li> <li>Aplicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordinador.</li> <li>Router</li> <li>End-Device.</li> </ul>	Red de malla controlada, cada mensaje pasa por el controlador central.
Medio de Transmisión	Ondas de radio a través de un router.	Smartphones, tablets, PCs, dispositivos electrónicos que cuentan con transmisores y receptores de radio frecuencias.	Ondas de radio a través de un router.	Transceptor de radio frecuencia de baja potencia.

**Fuentes:** (Machuca González 2022); (Sesé Vega, López Vicario, Vilajosona Guillén 2020); (López Seuba 2019)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023.

Con los datos mostrados en la *Tabla 2-11* se concluye que la tecnología más apropiada es el WiFi debido a su velocidad de transmisión de 150Mbps, su límite de dispositivos conectados de manera simultánea que llega a los 255 y fácil disponibilidad para el usuario.

## **2.6 Aplicaciones móviles y HMI (Interfaz Hombre Máquina)**

En este apartado se pretende mostrar una investigación bibliográfica referente al desarrollo de aplicaciones móviles e Interfaces Hombre Máquina (HMI), con la finalidad de determinar la mejor aplicación en cuestión de usabilidad y tecnología utilizada.

### **2.6.1 Normativa para el diseño de interfaces gráficas de HMI**

El estándar ANSI/ISA 101 es el encargado de regular el desarrollo de interfaces hombre máquina con el objetivo de obtener una mejor eficiencia y reducir la sobrecarga de datos. De esta norma, se toma en cuenta el apartado acerca del uso de colores en las pantallas donde se menciona que, los colores brillantes son utilizados para llamar la atención sobre situaciones anormales, mientras que para pantallas que muestran un funcionamiento normal no se debe utilizar colores brillantes, muy saturados o elementos de color rojo o amarillo.

### **2.6.2 Desarrollo de aplicaciones móviles para celulares**

Se definen como programas capaces de realizar determinadas tareas o proporcionar determinadas funciones al usuario. Se originan a finales de los 90 durante el auge de los teléfonos celulares, estas aplicaciones tenían funciones ahora consideradas básicas como: almacenamiento de contactos, gestión de perfiles, configuración de tonos de llamada y gestión de llamadas telefónicas. A finales de 2007 aparecieron las primeras tiendas de aplicaciones móviles lo cual permitió la aparición de millones de nuevas aplicaciones con funciones más complejas. Al igual que programar páginas web o aplicaciones de escritorio, las móviles requieren de sus propias metodologías de desarrollo para poder obtener un producto de calidad, estas metodologías se enfocan en el desarrollo iterativo, flexibilidad y pruebas (Molina Ríos et al., 2021).

**App Inventor.** - Es una herramienta visual que permite la programación y diseño de aplicaciones móviles para Android arrastrando y soltando bloques sobre su interfaz. Consta de dos partes, el diseño de la interfaz de usuario de una aplicación se hace utilizando un constructor de interfaz gráfica de usuario basada en la web, la programación de la aplicación se realiza mediante la unión de bloques que poseen funciones determinadas y le dan propiedades a los elementos de la interfaz gráfica para que interactúen entre ellas y desempeñen la tarea deseada por el usuario (Wolber et al., 2011).

**Flutter.** - Es un marco para el desarrollo de aplicaciones nativas para Android y iOS, fue desarrollada por Google y utiliza lenguaje de programación Dart. Se compone de una interfaz amigable basada en Material Design que permite editar el código y ver los resultados en tiempo real mientras la app está en funcionamiento. No utiliza widgets nativos de Android o iOS, sino que tiene su propio código para crear widgets, esto permite añadir widgets personalizados, pero haciendo que las aplicaciones tengan un tamaño considerablemente más grande (Quisaguano Collaguazo et al., 2022).

**React Native.** - Es un framework de programación de aplicaciones tanto para Android como para iOS que se basa en el lenguaje de programación JavaScript y son compiladas en código nativo, lo cual le brinda mejor rendimiento ante otras aplicaciones. Las aplicaciones se escriben en JavaScript, HTML y CSS y se ejecutan en un navegador integrado de la aplicación llamado WebView. Tiene la característica que permite la recarga en tiempo real de la aplicación durante el desarrollo (Lazcano Calixto et al., 2019).

**Xamarin.** - Esta empresa ofrece dos tecnologías para el desarrollo de aplicaciones Xamarin Forms y Xamarin Native. Xamarin Forms permite el diseño de una sola interfaz gráfica para todas las plataformas móviles Android, iOS e incluso Windows. En Xamarin Native se diseñan interfaces gráficas de manera individual para cada plataforma, pero permitiendo que compartan funcionalidad. Para la programación ambas plataformas utilizan lenguaje C# (Valeanu, 2018).

#### 2.6.2.1 *Análisis comparativo de los softwares utilizados para el desarrollo de aplicaciones*

La *Tabla 2-12* presenta la comparación entre los *softwares* para desarrollo de aplicaciones móviles que son de libre acceso y permiten la programación de manera sencilla y rápida.

**Tabla 2-11:** Comparativa entre aplicaciones de desarrollo móvil

Características	AppInventor	Flutter	React Native	Xamarin
Entorno de programación	Plataforma de desarrollo online, acceso mediante navegador	Plugins para Android Studio y Visual Studio Code.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WebStorm</li> <li>• Android Studio</li> <li>• Visual Studio</li> <li>• Xcode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Xamarin Studio</li> <li>• Plugin para Visual Studio</li> </ul>
Lenguaje de programación	Blockly	Dart	JavaScript	C#
Plataformas compatibles	Android IOS	Android IOS	Android IOS	Android IOS Windows
Librerías	En gran cantidad	Limitadas, en aumento	En gran cantidad	Limitadas, lo necesario para aplicaciones robustas.
Precio	Gratis	Gratis	Gratis	Gratis

**Fuentes:** (Patton, Tissenbaum, Harunani 2019); (Quisaguano Collaguazo et al. 2022); (Lizárraga Osuna 2020); (Andrade Pijuango 2019)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

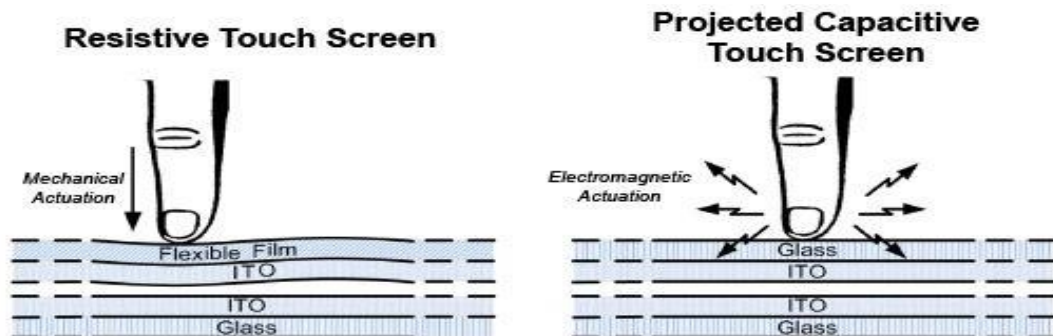
La *Tabla 2-12* permite concluir que el *software* más apropiado es AppInventor gracias a su entorno de desarrollo que al cual se puede acceder de manera gratuita mediante un navegador web, la cantidad de librerías que existen debido a su lenguaje de programación Blockly el cual es basado en JavaScript y la compatibilidad con los sistemas operativos de los smartphones actuales.

### 2.6.3 Interfaz Hombre Máquina (HMI)

Es una herramienta conformada por un conjunto de *software* y hardware que son utilizados por un operario, técnico o usuario en general, sirven para interactuar de manera directa con un sistema de control o para el monitoreo de un proceso, mediante el uso de un panel de control o pantalla maestra que puede ser gráfico y virtual (Flores García et al., 2021).

#### 2.6.3.1 Tipos de HMI

En la Ilustración se observa el funcionamiento de los dos tipos de pantallas HMI la resistiva y la capacitiva, los tipos más utilizados en la industria y en electrodomésticos.



**Ilustración 2-11:** Funcionamiento de los tipos de HMI.

Fuente: (Inelmatic 2022)

**HMI Resistivo.** – Se componen de dos láminas conductoras aisladas entre sí. Cuando se las presiona ligeramente producen un cambio del valor de la resistencia, este valor se procesa y permite determinar de manera precisa las coordenadas del lugar de la pantalla donde existió el contacto. Estas pantallas detectan el contacto realizado por algún elemento sólido porque les afecta la presión que se ejerce sobre ellas (Gardezabal, Garay-Vitoria, Abascal, 2002).

**HMI Capacitivo.** – Se comportan de manera similar que las pantallas resistivas con la diferencia de que al entrar en contacto con ellas lo que se modifica es la capacitancia. Necesitan de un elemento conductor para producir el cambio en la capacitancia y sea detectado como el punto de contacto con la pantalla. Si son tocadas por un material aislante no detecta el contacto (Gardezabal, Garay-Vitoria, Abascal, 2002).

### 2.6.3.2 Análisis comparativo de los tipos de HMI

En la *Tabla 2-12* Se muestra una comparación de las características que posee cada tipo de HMI.

**Tabla 2-12:** Comparativa entre tipos de HMI.

Características	Resistivo	Capacitivo
Capacidad multitáctil	No	Si
Sensibilidad táctil	Baja	Alta (se puede ajustar)
Material táctil	Cualquier tipo	Materiales conductores
Activación	Toque con presión	Toque ligero
Tiempo de respuesta	Alto	Bajo

Fuentes: (Gardezabal, Garay-Vitoria, Abascal 2002)

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Una vez realizado el análisis presentado en la *Tabla 2-12* se determina que el HMI más apropiado es del tipo capacitivo debido a las características que presenta como lo son: alta sensibilidad táctil, se activa mediante un toque ligero sobre su superficie y su bajo tiempo de respuesta.

## **2.7 Sistema de control automático**

Es un conjunto de componentes interconectados que conforman una configuración conocida como sistema, de este modo el arreglo resultante debe tener la capacidad de poder controlarse por sí mismo (Hernández Gaviño, 2010).

### **2.7.1 Tipos de control**

**Control proporcional.** – Dentro de un sistema de control automático se encarga de amplificar o atenuar el error de regulación mediante el uso de una ganancia de proporcionalidad comúnmente denotada como  $K$  (Zayas et al., 2020).

**Control derivativo.** – Produce una corrección antes de que el error se eleve, esto debido a que el control responde a la rapidez de cambio del error. Es anticipativo por lo que la acción de control se adelanta a una tendencia de error (Hernández Gaviño, 2010).

**Control integral.** – Implementa una acción correctora utilizando la integral del error, proporciona una señal que resulta ser una función en base al historial del error, esto permite que la señal de control sea diferente de cero aun cuando el error es cero (Garay, 2018).

**Control proporcional-integral-derivativo.** – La salida de este controlador es proporcional al error, a la cual se le suma una cantidad proporcional a la integral del error y una cantidad proporcional a la derivada del error. Este controlador es la unión de los controladores previamente descritos, por lo que posee las mejores características de cada uno (Hernández Gaviño, 2010).

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detallan los requerimientos que debe cumplir el prototipo electrónico deshidratador de frutos, incluyendo la concepción de la arquitectura, los componentes a utilizar, las conexiones requeridas y los algoritmos para la implementación del dispositivo.

#### 3.1 Requerimientos del Dehydrator LC-01

Con la información recopilada en el capítulo anterior se planteó los requerimientos necesarios para el diseño y construcción de un prototipo electrónico deshidratador de frutos para pequeños productores, los cuales se describen a continuación:

- El prototipo inicialmente permitirá deshidratar 10 frutas, las que más se producen en la Zona 3 del Ecuador, estas son: fresa, mora, uvilla, pera, manzana, durazno, banano, arándanos, mango y piña.
- Establecer cuatro etapas para la concepción de la arquitectura del prototipo como: adquisición de parámetros, actuación, sensores y control, y visualización de la información.
- La etapa de adquisición de parámetros tendrá la posibilidad de conectarse a internet para obtener los datos de deshidratación de cada tipo de frutas almacenados en una base de datos gratuita, estos datos comprenden tiempo y temperatura.
- Se utilizará la tecnología WiFi para conectar la etapa de adquisición de parámetros con la base de datos gratuita Firebase.
- El usuario tendrá la opción de ingresar una nueva fruta, a la base de datos, con su respectivo tiempo y temperatura de deshidratación.
- En la etapa de actuación se contará con los siguientes elementos: calefactor eléctrico y sistema de ventilación compuesto por dos ventiladores de tipo axial.
- Dentro de la etapa de sensores y control se tendrán los siguientes sensores: humedad relativa y temperatura.
- Con el uso de sensores se deberá controlar la temperatura para que se mantenga en 57°C y la humedad en un rango de 20% a 30% RH, considerando una variación de temperatura de  $\pm 1^\circ\text{C}$  y de humedad de  $\pm 5\%$  RH.
- Para evitar grandes variaciones en la temperatura se aplicará un control Proporcional-Integral-Derivativo (PID), capaz de mantener las variaciones de temperatura en un rango de  $\pm 1^\circ\text{C}$ .



- La etapa de visualización de la información debe contar con una Interfaz Hombre Máquina (HMI) táctil que permitirá interactuar con el Dehydrator LC-01, una aplicación móvil y un indicador luminoso.
- La HMI y la aplicación móvil deberán ser intuitivas y fáciles de usar por el usuario.
- La interfaz HMI poseerá un menú principal con 5 opciones: Deshidratar, Agregar Fruta, Monitorear, Opciones y Cerrar Sesión. Las cuales permitirán: poner en funcionamiento el Dehydrator LC-01 con las frutas predeterminadas, agregar una nueva fruta con sus parámetros de temperatura y tiempo para la deshidratación, visualizar la temperatura, humedad relativa en tiempo real y las horas, minutos, y segundos restantes para completar el proceso.
- Se desarrollará una aplicación móvil que permita la creación de usuarios, agregar nuevas frutas, monitorear, en tiempo real, las variables implicadas en la deshidratación y notificar al usuario el inicio y fin del proceso.
- Para crear una cuenta de usuario se lo hará desde la aplicación móvil donde es necesario un correo electrónico y una contraseña que contenga un mínimo de 6 caracteres que sean diferentes de “ñ” y tildes.
- Para validar la cuenta se enviará un mensaje de verificación al correo proporcionado por el usuario al momento de su registro.
- El indicador luminoso será una luz de color verde que se encienda cuando haya un proceso activo y se apague cuando el proceso haya terminado.
- El prototipo trabajará conectado a la red eléctrica, a la línea de 110 V.
- Se utilizará la estructura de un deshidratador comercial, esto se selecciona debido a que su precio es menor al de una estructura personalizada, su capacidad es la adecuada para pequeños productores y cumple con el material de construcción requerido para este tipo de dispositivos electrónicos que interactúan con alimentos.
- La estructura externa debe ser de acero inoxidable 304 de grado alimenticio, tener un diseño compacto y fácil para transportar o mover dentro de pequeñas instalaciones.
- El Dehydrator LC-01 deberá permitir desmontar la parte electrónica de la estructura externa para una mejor limpieza de la cámara de deshidratado.
- La estructura interna del Dehydrator LC-01 deberá ser construida en acero inoxidable 304 de grado alimenticio, y en sus paredes debe tener soportes para insertar las bandejas, con una separación de 3.5cm.
- El material de las bandejas debe ser de acero inoxidable 304 de grado alimenticio, con una dimensión de 40cm de ancho por 40cm de largo.
- Las bandejas deberán ser removibles, construidas en forma de malla para permitir la circulación de aire por toda la cámara de deshidratación.

- El Dehydrator LC-01 deberá tener 16 bandejas de deshidratado para obtener una capacidad de producción adecuada para un pequeño productor.

### 3.2 Concepción general de la arquitectura del prototipo

En la *Ilustración 3-1* se presentan gráficamente las cuatro etapas que constituyen el prototipo Dehydrator LC-01: adquisición de parámetros, actuación, sensores y control, y visualización de la información.

**Etapa de adquisición de parámetros.** - La función principal de esta etapa es la descarga de los parámetros de deshidratación (temperatura y tiempo), mediante una conexión Wifi, desde la base de datos Firebase del tipo de fruta seleccionado por el usuario.

Así, la información obtenida se enviará a la etapa de sensores y control, donde procesará la placa de desarrollo ESP32.

**Etapa de actuación.** - Recibe instrucciones por parte de la etapa de sensores y control emitidas desde la placa de desarrollo ESP32, los actuadores del sistema de ventilación y calefacción serán controlados por relés.

**Etapa de sensores y control.** - Esta etapa cuenta con varias funciones entre las que se puede destacar la recepción, procesamiento e interpretación de la información.

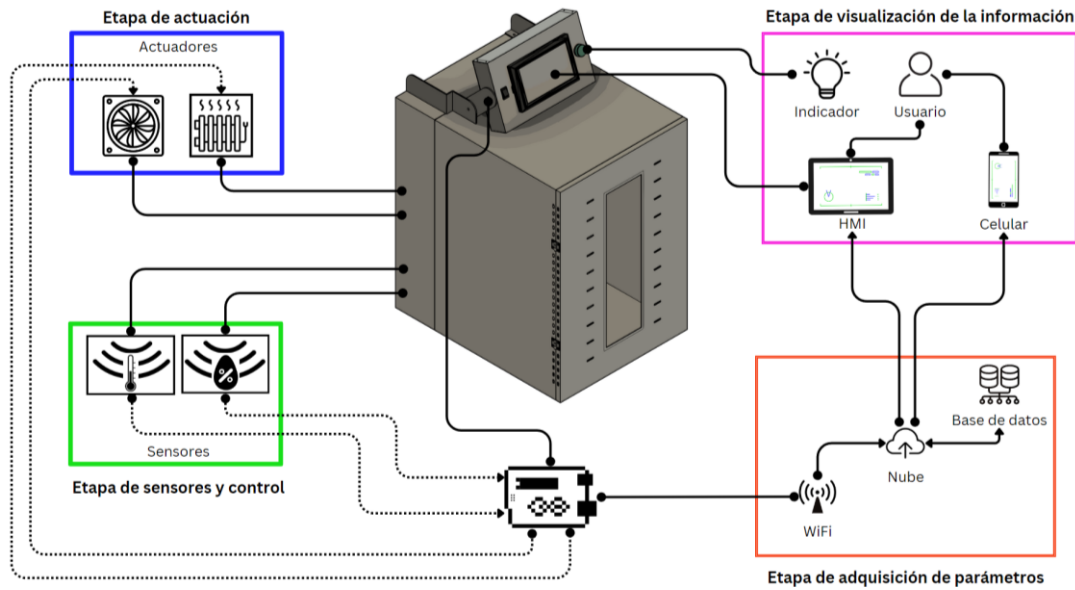
Mediante los sensores y con los datos obtenidos en la etapa de adquisición de parámetros se detectan los posibles cambios de las variables medidas para de esta manera activar los actuadores y mantener la estabilidad del Dehydrator LC-01.

Es importante señalar que esta etapa también podrá conectarse a internet mediante WiFi para poder agregar nuevas frutas a la base de datos Firebase con sus respectivos parámetros de deshidratado.

**Etapa de visualización de la información.** - Etapa encargada de mostrar la información proporcionada por el sensor de temperatura y humedad relativa, y una cuenta atrás del tiempo, permitiendo así el monitoreo en tiempo real del proceso de deshidratado, esto mediante una pantalla HMI táctil y una aplicación móvil.

El usuario será el encargado de inicializar el proceso de deshidratado, visualizar los parámetros de: temperatura, humedad, y horas del proceso de deshidratado. Además, mediante la pantalla HMI y la aplicación móvil podrá agregar nuevos tipos de frutas a la base de datos.

Por otra parte, la aplicación móvil enviará notificaciones de inicio y fin del proceso de deshidratado, y en caso de existir algún problema con los valores de temperatura del Dehydrator LC-01.



**Ilustración 3-1:** Concepción general del prototipo Dehydrator LC-01

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.3 Diseño de la arquitectura del Dehydrator LC-01

A continuación, se presentan el funcionamiento principal de las etapas que conforman el Dehydrator LC-01, detallándolas mediante diagrama de bloques.

#### 3.3.1 Etapa de adquisición de parámetros

En la *Ilustración 3-2* se puede observar el diagrama de bloques de esta etapa, la cual se compone de varios bloques que se explican a continuación.

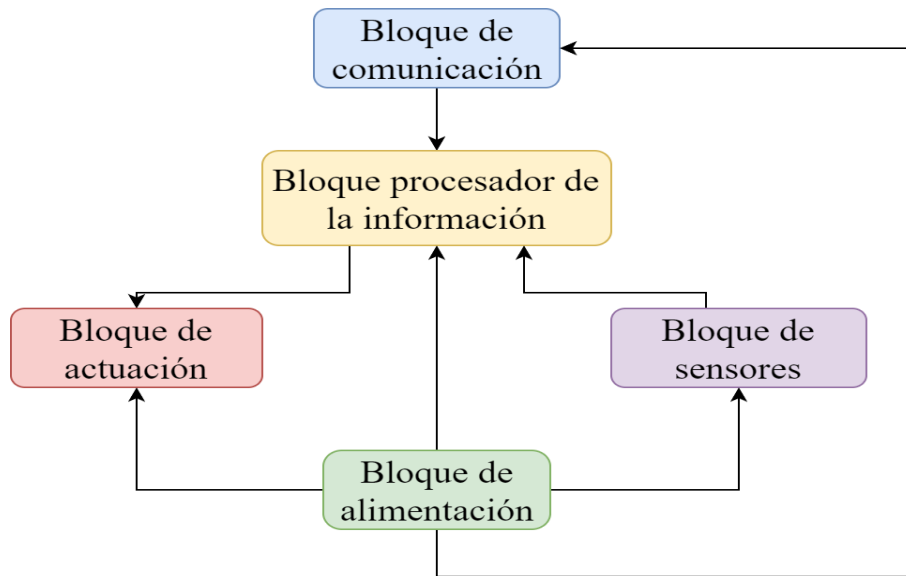
**Bloque de comunicación:** Compuestos por la base de datos, la nube y la conexión WiFi, permite obtener los parámetros de deshidratado.

**Bloque procesador de la información:** Conformado por la placa de desarrollo ESP32 la cuál recibe y procesa información mediante sus entradas digitales y analógicas.

**Bloque de sensores:** Se encarga de obtener información del proceso, está compuesto por los siguientes sensores: temperatura y humedad.

Bloque de actuación: Se compone de dos actuadores: sistema de ventiladores axiales y calefactores eléctrico.

Bloque de alimentación: En este bloque se dota de voltaje y corriente al prototipo para su correcto funcionamiento.



**Ilustración 3-2:** Diagrama de bloques de la etapa de adquisición de parámetros

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.3.2 *Etapa de sensores y control*

Esta etapa se encuentra conformada por cinco bloques que permiten el funcionamiento e interacción con el prototipo Dehydrator LC-01 tal como se puede observar en la *Ilustración 3-3*

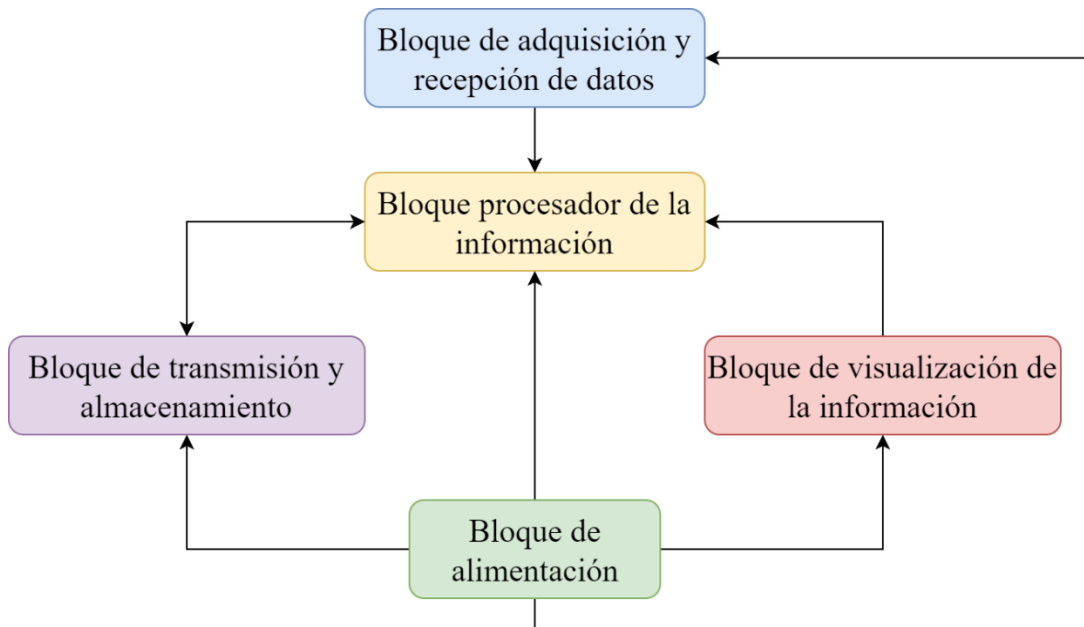
Bloque de adquisición y recepción de datos: Es el bloque encargado de recibir la información de la etapa de adquisición de parámetros mediante una conexión WiFi entre la placa ESP32 y la base de datos subida en la nube.

Bloque procesador de la información: Conformado por la tarjeta de desarrollo ESP32, la cual recibe la información para el control del proceso de deshidratado.

Bloque de visualización de la información: Permite el monitoreo en tiempo real de los parámetros del proceso de deshidratado del prototipo Dehydrator LC-01 mediante la pantalla táctil HMI y la aplicación móvil.

Bloque de transmisión y almacenamiento: Se realiza mediante una conexión WiFi para conectarse a internet y así poder interactuar con la base de datos gratuita Firebase.

Bloque de alimentación: Permite obtener el suministro eléctrico necesario para el encendido del prototipo Dehydrator LC-01



**Ilustración 3-3:** Diagrama de bloques de la etapa de sensores y control

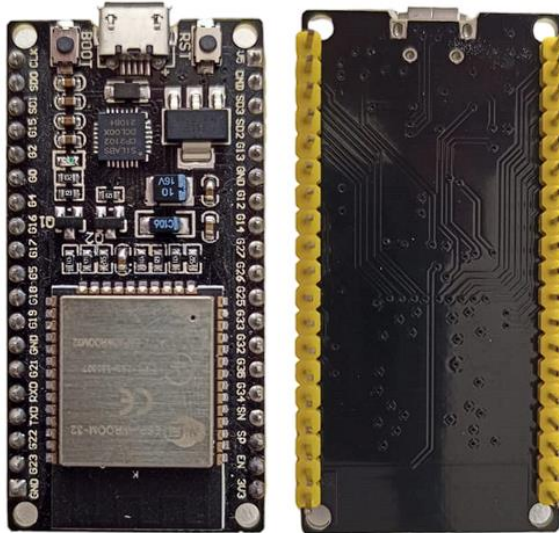
Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.4 Selección del hardware para el Dehydrator LC-01

En este apartado se presentan los diferentes componentes utilizados para la construcción del Dehydrator LC-01, mencionando una descripción general del elemento y sus principales especificaciones técnicas.

#### 3.4.1 ESP32 NodeMCU 38 pines

Tarjeta de desarrollo para el prototipado de proyectos IoT (Internet de las cosas). Cuenta con una potente placa ESP-WROOM-32 la cual cuenta como base principal al Soc ESP32. Posee conectividad WiFi y Bluetooth. Tiene un nivel de procesamiento bastante alto gracias a su CPU de 32 bits de dos núcleos de hasta 240Mhz. En la *Ilustración 3-4* se puede observar a la tarjeta de desarrollo ESP32 NodeMCU (Naylamp, 2023a).



**Ilustración 3-4:** ESP 32 NodeMCU 38 pines

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En la *Tabla 3-1* se presentan las características principales de la tarjeta de desarrollo ESP32 NodeMCU. Si se requiere más información remítase al Anexo A.

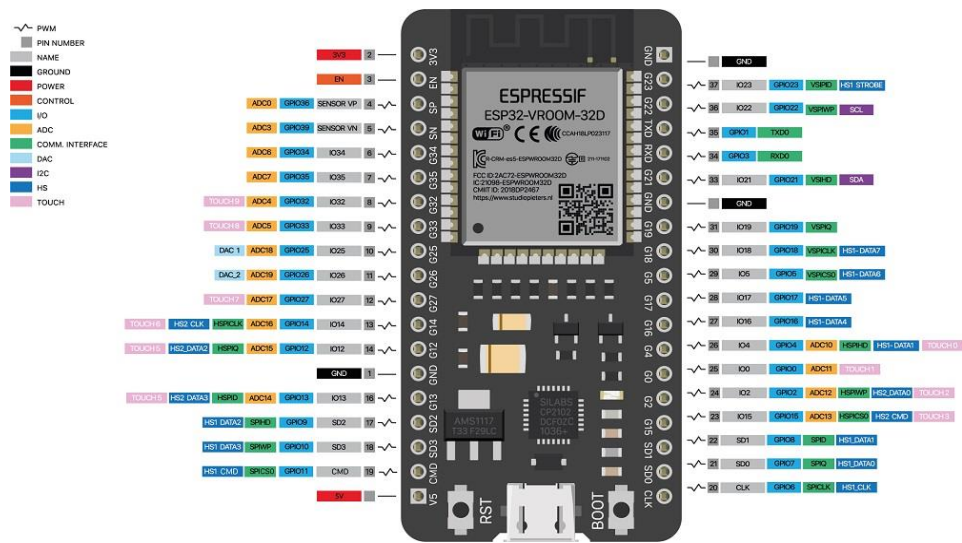
**Tabla 3-1:** Principales especificaciones técnicas ESP 32 NodeMCU

Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	5 V DC
Corriente de funcionamiento	180 mA
Voltaje E/S	3.3 V DC
SoM	ESP-WROOM-32
SoC	ESP32
CPU	Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)
Frecuencia de reloj	240MHz
WiFi	802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
Bluetooth	v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
Memoria	448 Kbyte ROM 520 KByte SRAM 16 KByte SRAM in RTC QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes
Condiciones de trabajo	-40 ° C a 125 ° C.

Fuente: (Naylamp 2023a)

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Para conocer la distribución de los terminales que posee la ESP32 se puede observar la *Ilustración 3-5*.



**Ilustración 3-5:** Pinout ESP 32 NodeMCU

Fuente: (Naylamp 2023a)

### 3.4.2 Sensor FS200-STH10

Este dispositivo fabricado por la empresa Sensirion es un sensor digital capaz de medir temperatura y humedad, sus aplicaciones se enfocan en uso para exteriores o en lugares adversos donde se requiera medir temperatura y/o humedad. Entre sus principales características se tiene su resolución de 14 bits, posee calibración interna, cuenta con una alta fiabilidad y una estabilidad a largo plazo (Sensirion 2023). En las *Ilustración 3-6* se puede observar el sensor (Sensirion, 2023).



**Ilustración 3-6:** Sensor FS200-SHT10

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En la *Tabla 3-2* se presentan las principales especificaciones técnicas del sensor FS200-STH10. Para más información sobre el mismo remítase al Anexo B.

**Tabla 3-2:** Principales especificaciones técnicas FS200-SHT10

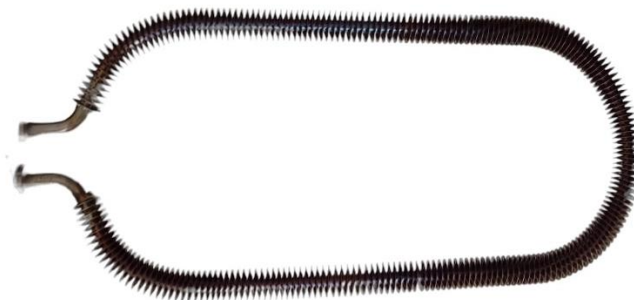
Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	3.3 ~ 5 V DC
Corriente de funcionamiento	15 mA
Rango de medida de temperatura	-20 ~ 100 °C
Rango de medida de humedad	0 ~ 100 %RH
Señal de salida	Numérico
Precisión de temperatura	3 %RH
Precisión de humedad	0.5 °C
Condiciones de trabajo	-20 °C ~ 90°C; 0 ~ 99 %RH

**Fuente:** (Sensirion 2023)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.4.3 Calefactor eléctrico PTC

Compuesto por un tubo de aluminio cuenta con una baja resistencia térmica y una alta eficiencia de transferencia de calor. Entre sus principales características destaca su aislamiento superficial y su alta seguridad. Se suele utilizar en ambientes pequeños, electrodomésticos, humidificadores, entre otros. El calefactor eléctrico PTC se puede observar en la *Ilustración 3-7*.



**Ilustración 3-7:** Calefactor eléctrico tipo PTC

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En la *Tabla 3-3* se describen las principales características técnicas y de funcionamiento del calefactor eléctrico PTC. Para más información sobre la pantalla véase el Anexo C.



**Tabla 3-3:** Principales especificaciones técnicas calefactor eléctrico PTC

Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	110 V AC
Frecuencia de operación	60 Hz
Potencia	1500 W
Termistor	PTC
Material	Aluminio, alambre
Peso	11.2 onzas

**Fuentes:**

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

#### 3.4.4 Ventilador axial SP6020-503

Motor eléctrico universal para aplicaciones en deshidratadores, su estructura está construida en metal, cuenta con un eje en el cual se puede acoplar las aspas para su funcionamiento como ventilador axial, como se muestra en la *Ilustración 3-8*. Se puede utilizar en sistemas de refrigeración. El giro del ventilador se puede invertir invirtiendo el eje, quitando los tornillos y girándolo. Trabaja con voltajes de corriente alterna de 120/220 V dependiendo del modelo (Parts of US, 2022).



**Ilustración 3-8:** Ventilador axial SP6020-503

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En la *Tabla 3-4* se presentan las principales especificaciones técnicas del motor eléctrico para ventilador axial SP6020-503. Para más información revise el Anexo D.

**Tabla 3-4:** Principales especificaciones técnicas ventilador SP6020-503

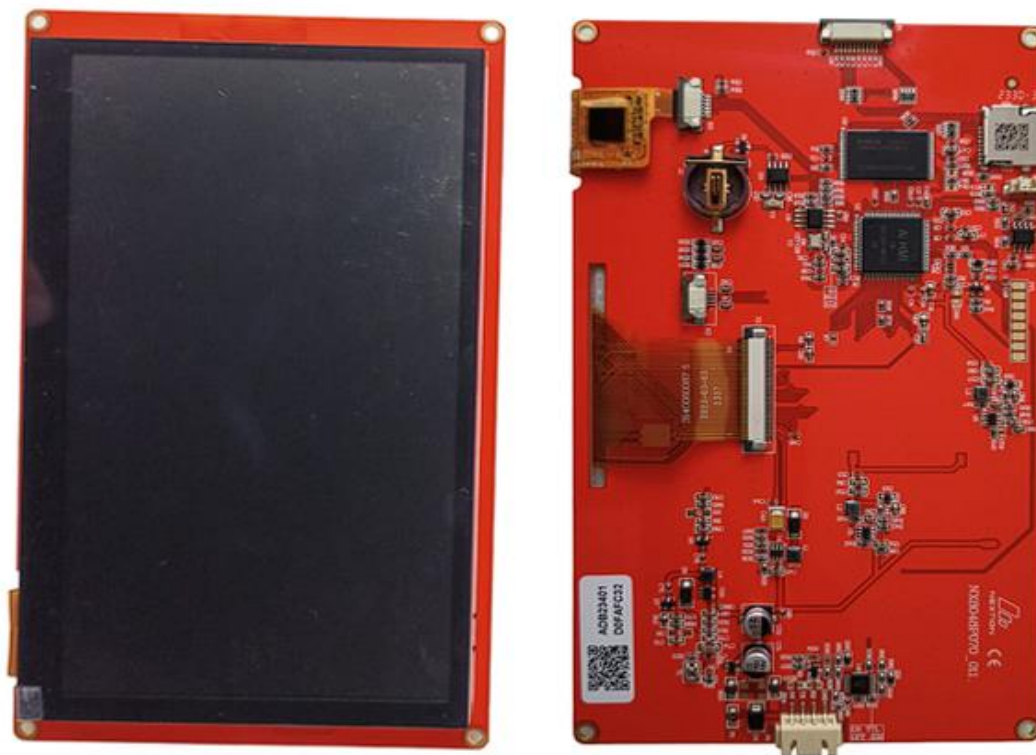
Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	110 V AC
Frecuencia de operación	60 Hz
Potencia	12 W
Corriente de funcionamiento	0.65 A
Velocidad de funcionamiento	3000 rpm
Peso	1.06 lb

**Fuente:** (Parts of US 2022)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.4.5 Nextion NX8048P070-011C HMI

Es una solución de HMI que cuenta con un procesador integrado y pantalla táctil del tipo capacitiva de 800x480, véase la *Ilustración 3-9*. Esta pantalla permite el uso de una memoria SD con el formato FAT32, por otra parte, la HMI Nextion permite conectar la MCU por medio de una conexión TTL Serial (5V, TX, RX, GND). Esta pantalla cuenta con un hardware potente en términos de MCU, SRAM y almacenamiento flash (Nextion, 2023).



**Ilustración 3-9:** Pantalla Nextion NX8048P070-011C HMI

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En la *Tabla 3-5* se describen las principales características técnicas y de funcionamiento de la pantalla Nextion. Para más información sobre la pantalla véase el Anexo E.

**Tabla 3-5:** Especificaciones técnicas pantalla Nextion NX8048P070-011C HMI

Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	5 V DC
Corriente de funcionamiento	1 A
Tamaño de pantalla	7 pulgadas
Tipo de pantalla	Capacitiva
Resolución	800x480
Color	16 bits 565, 5R-6G-5B
Memoria Flash	128 MB
Memoria RAM	512 KB
Memoria EEPROM	1024 bytes
Puerto HDMI	1 puerto
Condiciones de trabajo	-20°C~ 70°C; 10 ~ 90 %RH

**Fuente:** (Nextion 2023)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.4.6 Módulo relé de 4 canales

Este dispositivo permite manejar cargas de hasta 250V a 10 A por medio de una pequeña señal de control. Este dispositivo cuenta con aislamiento por medio de un optoacoplador, además posee un led que permite determinar si el relé se encuentra en activo o no. Su diseño es ideal para realizar trabajos con placas de desarrollo como ESP32, Arduino, Raspberry, entre otras (AV Electronics, 2023). El dispositivo se muestra en la *Ilustración 3-10*.



**Ilustración 3-10:** Módulo relé de 4 canales

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En la *Tabla 3-6* se describen las principales características técnicas y de funcionamiento del módulo relé de 4 canales. Para más información sobre la pantalla véase el Anexo F.

**Tabla 3-6:** Principales especificaciones técnicas módulo relé

Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	5 V DC
Corriente de funcionamiento	400 mA
Señal de control	TTL (3.3 V a 5 V)
Modelo del relé	SRD-05VDC-SL-C
Voltaje y corriente máxima	10A/250VAC, 0A/30VDC.
Tiempo de acción	5 ms a 10 ms

Fuente: (AV Electronics 2023)

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.4.7 Relé de estado sólido SSR-40-DA

Es capaz de manejar cargas de alto consumo de corriente a diferencia de los relés mecánicos. Requieren de un nivel mucho más bajo para la activación, entre sus principales ventajas destacan su rápida conmutación y su prolongada vida útil. Este relé soporta corrientes de hasta 40 A y para su activación y control se lo hace mediante una señal de voltaje DC de 3 V a 32 V (Sigma, 2023). El SSR-40-DA se muestra en la *Ilustración 3-11*.



**Ilustración 3-11:** Relé de estado sólido

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En la *Tabla 3-7* se presentan las principales especificaciones técnicas del relé de estado sólido SSR-40-DA. Para más información revise el Anexo G.

**Tabla 3-7:** Principales especificaciones técnicas modulo relé

Especificación técnica	Valor
Voltaje de control	3 - 32 V DC
Corriente máxima de carga	40 A
Voltaje de carga	24 – 380 V AC
Tiempo de acción	5 ms a 10 ms
Resistencia de aislamiento	50Mohms/500V DC

**Fuente:** (Sigma 2023)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.4.8 Fuente de alimentación

Para la selección de la fuente de alimentación se debe analizar el consumo de cada uno de los componentes hardware que trabajarán con voltaje DC en el Dehydrator LC-01, tal como se observa en la *Tabla 3-8*, aquí se muestra la información del voltaje de operación de cada dispositivo y el consumo de corriente.

**Tabla 3-8:** Análisis del consumo de corriente para selección de fuente de alimentación

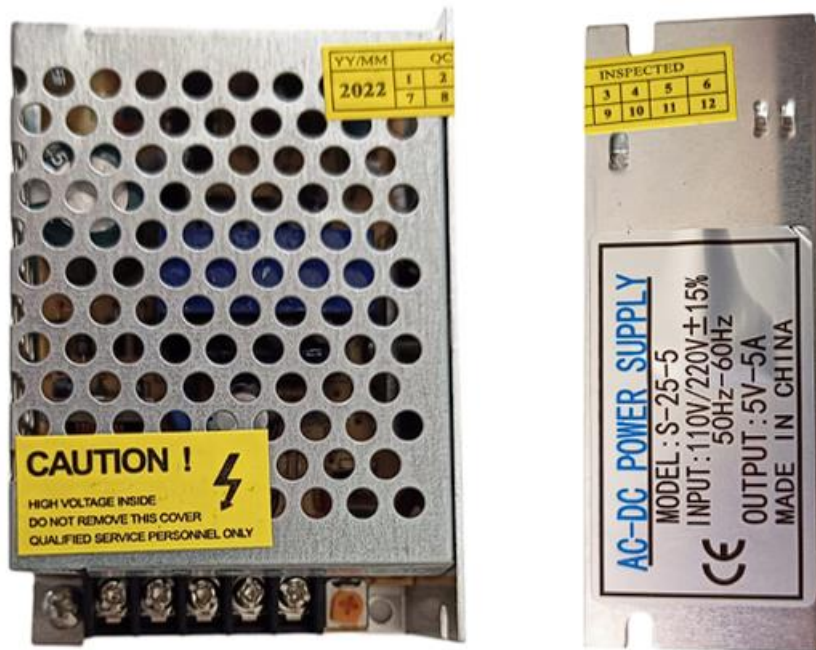
Componente	Voltaje de operación	Corriente
ESP32 NodeMCU	5 V DC	180 mA
Sensor FS200-SHT10	5 V DC	15 mA
Nextion NX8048P070-011C HMI	5 V DC	1 A
Módulo relé de 4 canales	5 V DC	400 mA
<b>Consumo total de corriente</b>		<b>1595 mA (1.6 A)</b>

**Fuente:** (Naylamp 2023a), (Sensirion 2023), (Nextion 2023), (AV Electronics 2023)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En base a la *Tabla 3-8* se determina que el consumo total de corriente es de 1595 mA, por otra parte, todos los dispositivos hardware que trabajan con voltaje DC, operan con 5 V, por lo que es necesaria una fuente de alimentación que cumpla con las características de voltaje y corriente mencionadas.

Considerando los resultados obtenidos se seleccionó una fuente de alimentación comercial de 5 V DC de 5 A, tal como se observa en la *Ilustración 3-12*. Es así que este dispositivo será el encargado de transformar la corriente alterna de la red eléctrica de 110 V AC en voltaje continuo (Naylamp, 2023b).



**Ilustración 3-12:** Fuente de alimentación 5V y 5A

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

En la Tabla-- se presentan las principales características técnicas de la fuente de alimentación seleccionada para el Dehydrator LC-01. Para más información remítase al Anexo H.

**Tabla 3-9:** Principales especificaciones técnicas fuente de alimentación

Especificación técnica	Valor
Voltaje de entrada	100 V AC 60 Hz
Voltaje de salida	5 V DC
Corriente máxima	5 A
Potencia máxima	50 W
Temperatura de trabajo	-10 °C a 60 °C

**Fuente:** (Finglai Electric 2023)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.4.9 Otros elementos hardware

Para la construcción de Dehydrator LC-01 se utilizaron varios elementos necesarios para el correcto funcionamiento y protección del mismo, los cuales se describen a continuación.

**LED indicador verde.** - Indicador lumínico para montaje a presión en panel de control. Se utiliza principalmente en electrodomésticos, equipos de suministro, paneles de alarma, entre otros (RS

Online, 2023). Se alimenta entre 110V a 240V AC, el tamaño de su panel es de 22 mm tal como se puede observar en la *Ilustración 3-13*.



**Ilustración 3-13:** LED indicador verde 10mm

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

**Interruptor de 2 posiciones.** – Es un elemento que permite el paso o no de la corriente eléctrica, este modelo específico es el KDC4, es un interruptor basculante cuadrado que cuenta con 4 pines de conexión, su carcasa es de plástico de tipo ignífugo. Su voltaje de trabajo es de 125VAC/250VAC, soporta corrientes desde 16 A hasta 20 A, el elemento se muestra en la *Ilustración 3-14* (Amazon, 2023c).



**Ilustración 3-14:** Interruptor de 2 posiciones

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

**Fusibles.** - Tienen la función de garantizar la seguridad de los dispositivos eléctricos presentes en el circuito al impedir el flujo de corrientes elevadas. En un enfoque más detallado, contribuyen a resguardar los sistemas electrónicos (SDI 2022). En este caso específico se utilizan dos fusibles de 1 A para protección de la pantalla Nextion y la tarjeta de desarrollo ESP32 y un fusible de 15 A para protección de todo el sistema. Los fusibles cuentan con el mismo tamaño tal como se muestra en la *Ilustración 3-15*.



**Ilustración 3-15:** Fusible de protección

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

**Portafusibles.** - Es un elemento el cual tiene como función principal proteger y servir como base para los fusibles. SE utilizaron portafusibles para anclar en placa para los fusibles de 1 A y un portafusibles de rosca para el fusible de 15 A (SDI 2022). Los dispositivos se pueden observar en la *Ilustración 3-16*.



**Ilustración 3-16:** Portafusibles

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.5 Esquema de conexión electrónica del Dehydrator LC-01

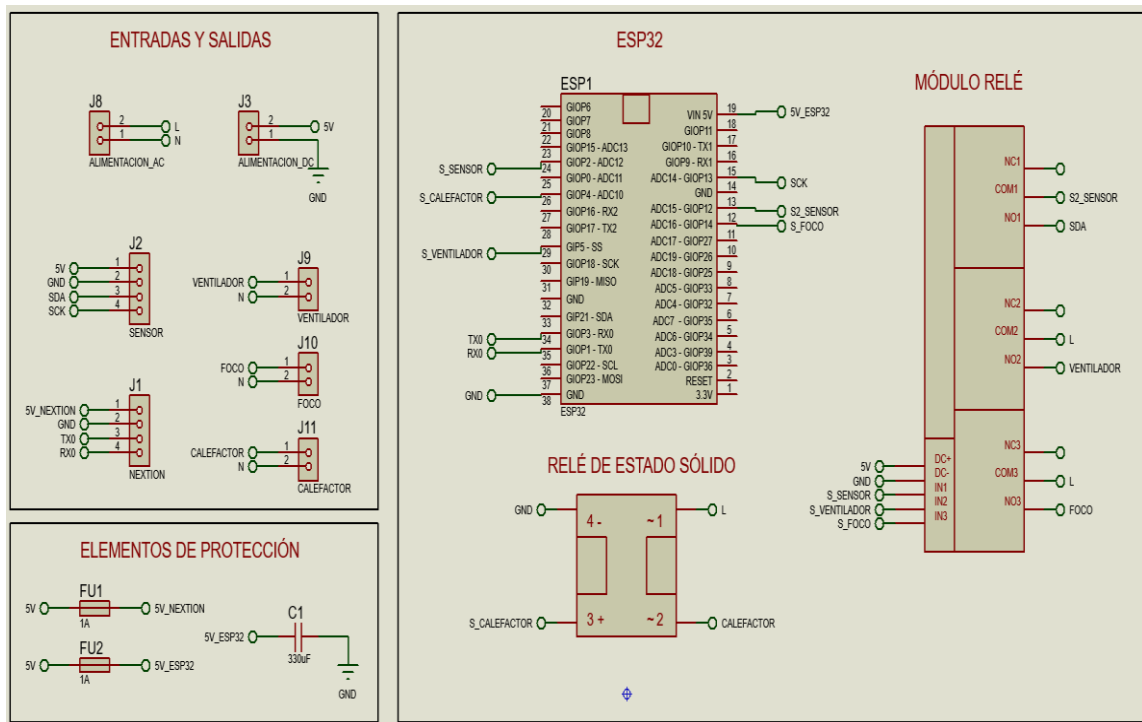
En la *Ilustración 3-17* se muestra el diagrama de conexiones del Dehydrator LC-01, este tiene como componente principal a la tarjeta de desarrollo ESP32, componente encargado de enviar señales para el control de los ventiladores y calefactores, recibir señales del sensor para procesarlas, mostrarlas mediante el HMI y subirlas a la base de datos mediante su tarjeta integrada de WiFi. A continuación, se describe más detalladamente el esquema de conexión.

- El sistema tiene una toma a 110V de corriente alterna la cual permite energizar los ventiladores, calefactores y una fuente de poder que permite obtener a su salida 5V.
- Del terminal V+ de la fuente se conecta un fusible que se dirige hacia la entrada marcada como 5V\_ESP32 y del terminal V- se conecta el GND, para alimentar la tarjeta de desarrollo.
- Un condensador de 100uF es conectado en paralelo con la ESP32 este tiene el objetivo de proteger la tarjeta ante picos de corriente.
- La HMI Nextion, utiliza la alimentación de 5V que se conecta desde la terminal V+ de la fuente mediante un fusible y la terminal V- a su entrada GND. Para la transferencia de datos,



se conecta su entrada TX al terminal RX0/GPIO3 y su entrada RX al terminal TX0/GPIO1 de la ESP32.

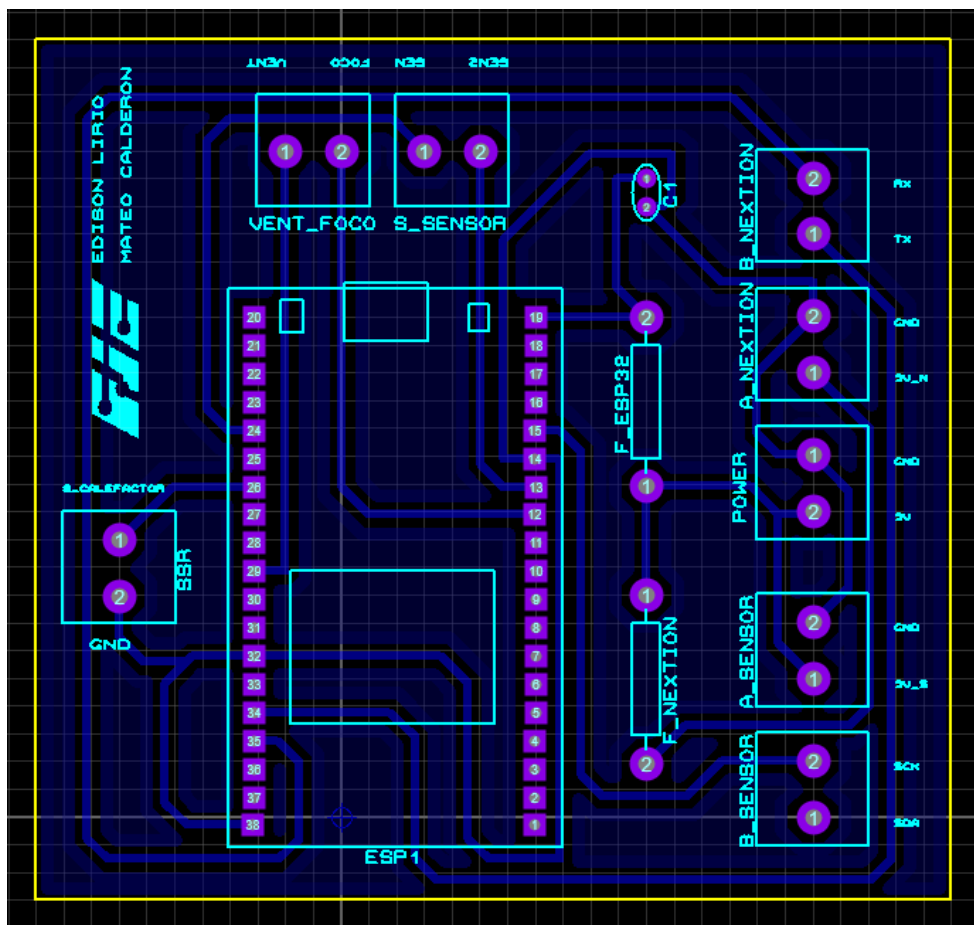
- El sensor de temperatura y humedad relativa FS200-STH10, se alimenta mediante la conexión de V+ y V- de la fuente de alimentación, su cable de reloj SCK se conecta al terminal GPIO13 de la ESP32 y su cable SDA se conecta al terminal NO de un relé.
- Se utiliza un módulo de 4 relés para la conexión del sensor FS200-STH100, el foco indicador y el ventilador. El módulo posee terminal positiva (DC+) y negativa (DC-) que se energizan conectando las terminales V+ y V- de la fuente.
- Para la activación del primer relé del módulo, este recibe la señal del GPIO2 (S\_SENSOR) en su entrada IN1. Su salida COM conecta el GPIO12 (S2\_SENSOR) y el contacto NO se conecta al cable SDA del sensor.
- El segundo relé se activa mediante la señal del GPIO5 (S\_VENTILADOR) en la entrada IN2 del módulo. El puerto COM se conecta a 110V mientras que el contacto NO se conecta al ventilador.
- El tercer relé se activa mediante la señal del GPIO14 en la entrada IN3 del módulo. La terminal COM se conecta a 110V y el contacto NO se conecta al foco indicador.
- El calefactor se controla mediante un relé de estado sólido. La terminal 3 del relé se conecta al GPIO4 (S\_CALEFACTOR) y la terminal 4 a GND, la terminal 1 se conecta a 110V y la terminal 2 hacia el calefactor.



**Ilustración 3-17:** Esquema de conexiones Dehydrator LC-01

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

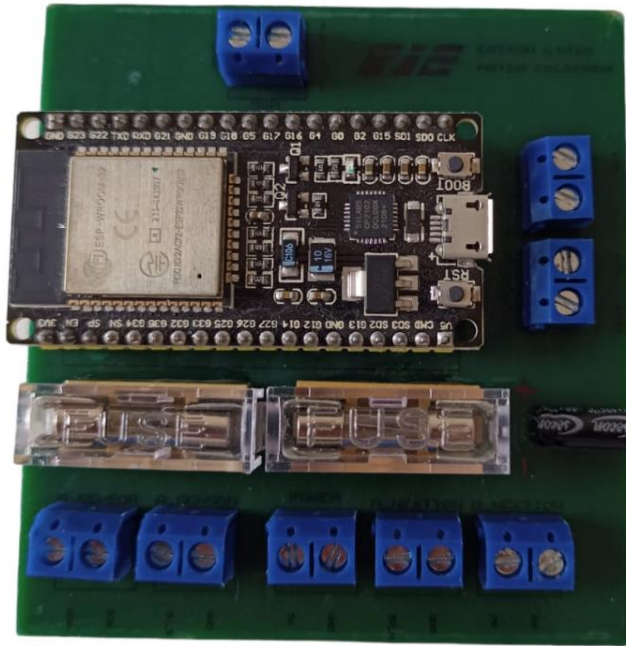
Después de realizar las conexiones de los componentes, se procede a diseñar la PCB con ayuda del *software* Proteus v8.12. El diseño final de la PCB se muestra en la *Ilustración 3-18*.



**Ilustración 3-18:** Diseño placa PCB del Dehydrator LC-01

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Una vez se ha diseñado la placa se procede a realizar su implementación física con todos los componentes de *hardware* correspondientes. De este modo se obtiene la PCB mostrada en la *Ilustración 3-19*.



**Ilustración 3-19:** Implementación física de la PCB del Dehydrator LC-01

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

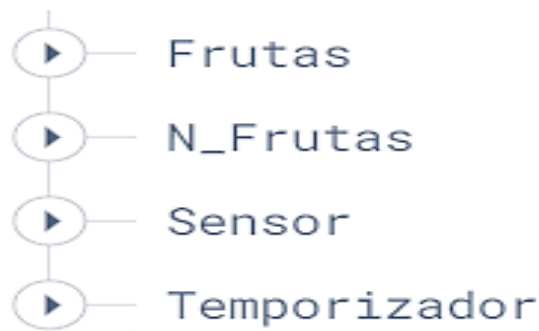
### 3.6 *Software* de desarrollo para el Dehydrator LC-01

En el siguiente apartado se presentan los *softwares* utilizados para el desarrollo de la programación de los componentes presentados en el apartado anterior. Además, mediante el uso de diagramas de flujo se describe el proceso que realiza la ESP32 para poner en marcha el Dehydrator LC-01 y las interfaces gráficas utilizadas para la etapa de visualización de la información.

#### 3.6.1 *Base de datos con Firebase*

Es necesaria una base de datos para guardar los parámetros de deshidratación de las frutas, como son temperatura y tiempo. Para ello se utiliza Firebase, una base de datos gratuita desarrollada por Google, la cual permite la creación de una base de datos en tiempo real o el uso de herramientas de autenticación para registro de usuarios (Firebase, 2022).

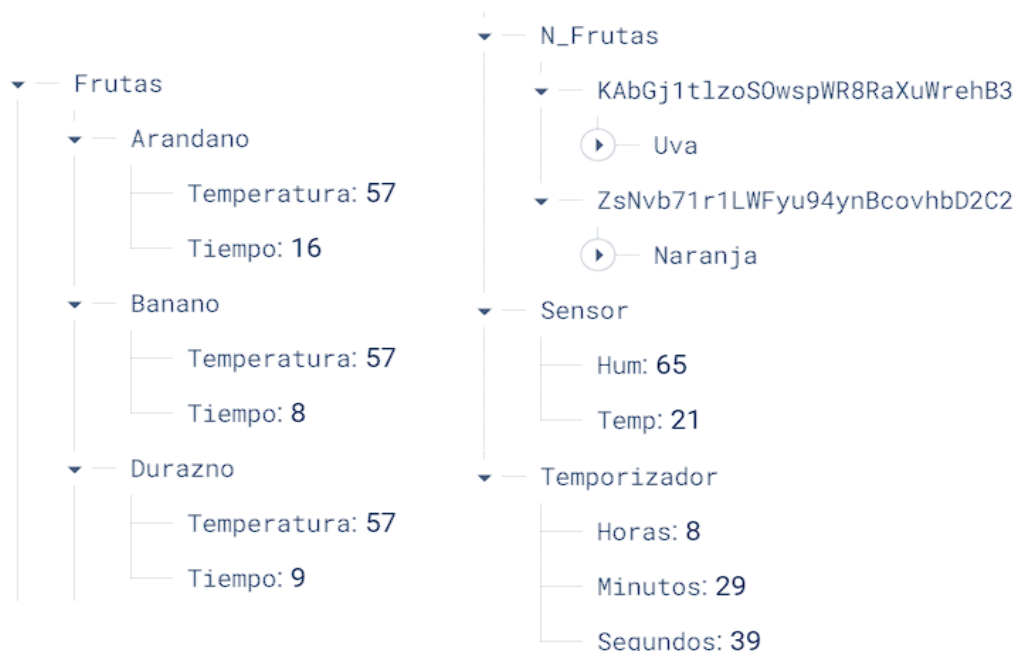
Es necesario mencionara que la tarjeta de desarrollo ESP32 es la encargada de establecer la conexión con la base de datos, esto con la finalidad de leer y escribir los datos necesarios para el funcionamiento del Dehydrator LC-01. Firebase almacena los datos mediante nodos que serán definidos por el usuario para así poder encontrar la información requerida (Suwatchai, 2023). Los nodos creados para el manejo de los datos se muestran en la *Ilustración 3-20*.



**Ilustración 3-20:** Nodos de la base de datos

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Dentro de cada uno de estos nodos se pueden definir sub-nodos, es aquí donde se almacenarán todos los datos, los cuales para este caso son: para el nodo “Frutas” el nombre de cada fruta, tiempo y temperatura de deshidratado, para el nodo “N\_Frutas” el identificador de cada usuario y sus frutas agregadas con el tiempo y temperatura, en el nodo “Sensor” se almacena los datos de temperatura y humedad que mide el FS200-SHT10 y finalmente el nodo “Temporizador” donde se almacenan las horas, minutos y segundos restantes del proceso, tal como se muestra en la *Ilustración 3-21*.



**Ilustración 3-21:** Sub nodos de la base de datos

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.6.2 Programación del Dehydrator LC-01

La programación de la tarjeta de desarrollo ESP32 se puede realizar mediante el uso del *software* Arduino IDE versión 2.2.1, basado en lenguaje C, que a través de su gestor de placas permite la instalación de complementos para programar tarjetas de desarrollo diferentes a las desarrolladas por la empresa Arduino. Las librerías utilizadas en el Dehydrator LC-01 son:

- **PIDv1.h.** - Esta librería permite implementar un control PID.
- **Arduino.h.** - Sirve como base para todo el entorno de desarrollo Arduino IDE.
- **SHT1x-ESP.h.** - Permite interactuar con el sensor de temperatura de humedad FS200-SHT10.
- **FirestoreESP32.h.** - Se usa para conectar y manipular la base de datos en tiempo real.
- **WiFi.h.** - Activa el módulo WiFi de la ESP32.
- **EEPROM.h.** – Permite el almacenamiento de datos y variables en la memoria EEPROM.

Para el correcto funcionamiento del Dehydrator LC-01 la programación se compone de la siguiente manera:

#### Configuración inicial

- Se incluyen las librerías mencionadas anteriormente.
- Se declaran todas las variables globales.
- Se definen los pines para la comunicación con el sensor FS200-SHT10.
- Se establecen las credenciales de la red WiFi a la que se conectará el equipo.
- Se definen los parámetros para la conexión con la base de datos como es el API\_KEY, DATABASE\_URL, etc.
- Se declaran los pines para cada uno de los relés para la activación de ventiladores, calefactor, sensor y el indicador LED.
- Se establecen los valores de kp, ki y kd para el control PID del dispositivo.

#### Función “Setup()”

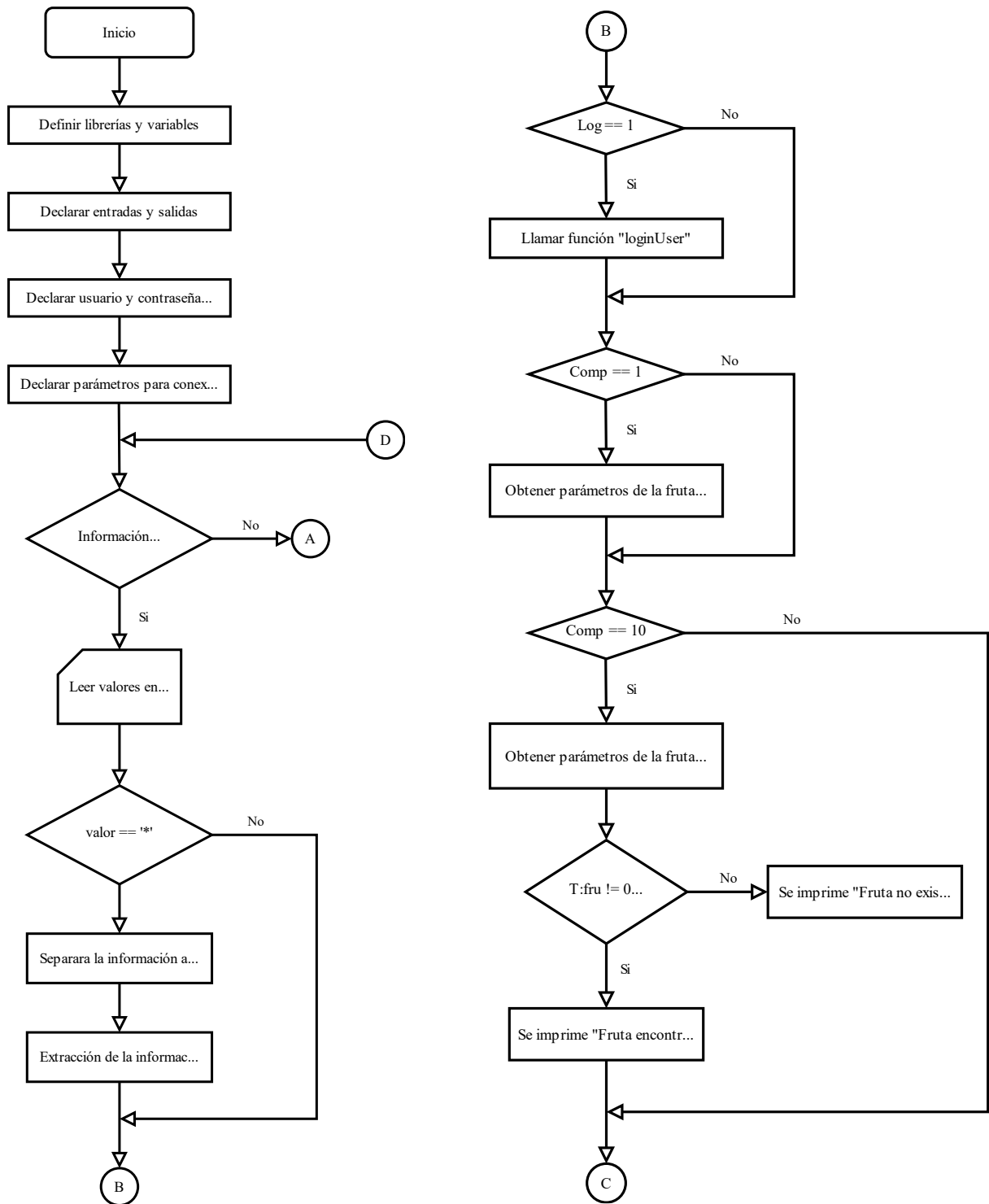
- Se inicializa la configuración serial a 9600 baudios para la depuración y comunicación con otros dispositivos.
- Se define el funcionamiento de los pines como salidas para el control de los relés y se define que se mantengan apagados hasta que sea requerido encenderlos.
- Se define el modo de funcionamiento del PID como automático.

- Se realiza la conexión a la red WiFi mediante las credenciales proporcionadas y se imprime un mensaje en el puerto serial si la conexión se realizó con éxito.

### **Función “Loop()”**

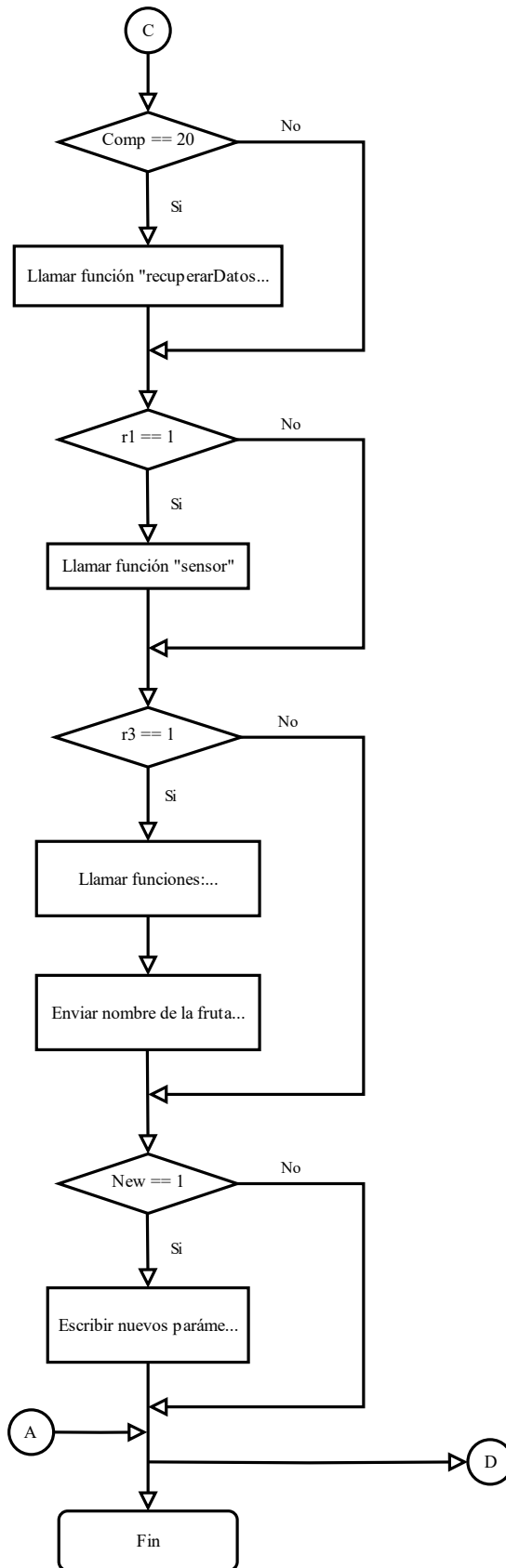
- Se lee la información que se encuentra disponible en el puerto serial que será enviada como una trama de datos mediante la pantalla Nextion, la información se separa y se toma cada dato para realizar diferentes acciones dependiendo de los datos enviados, las acciones van desde iniciar sesión con usuario y contraseña en la base de datos, activar y desactivar los relés para el sensor, calefactor, ventiladores e indicador LED.
- Mediante la trama de datos se enciende un módulo relé que da paso para la lectura de los valores del sensor de temperatura y humedad.
- Si la información recibida es la correspondiente se activa el control PID basado en la lectura de la temperatura y controlando el proceso mediante un relé de estado sólido según la salida del controlador PID. El dato de setpoint es tomado de la base de datos Firebase dependiendo de cada fruta.
- Se inicia un temporizador cuando se empieza el proceso de deshidratado de una fruta, tomando el valor de las horas desde Firebase dependiendo de cada fruta, los minutos se establecen en 30 para tener un tiempo de calentamiento del Dehydrator LC-01. Los datos del temporizador se actualizan en la base de datos.
- Se enciende el indicador LED si la trama de datos contiene la información que indique que se ha inicializado un proceso de deshidratado.

En la *Ilustración 3-22* y la *Ilustración 3-23* se muestra de manera gráfica mediante un diagrama de flujos la programación descrita anteriormente, por otra parte, para mayor información del código puede remitirse al Anexo I donde se encuentra toda la programación realizada en Arduino IDE 2.2.1.



**Ilustración 3-22:** Diagrama de flujos de la programación principal del prototipo.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023



**Ilustración 3-23:** Continuación diagrama de flujo de la programación principal del prototipo.

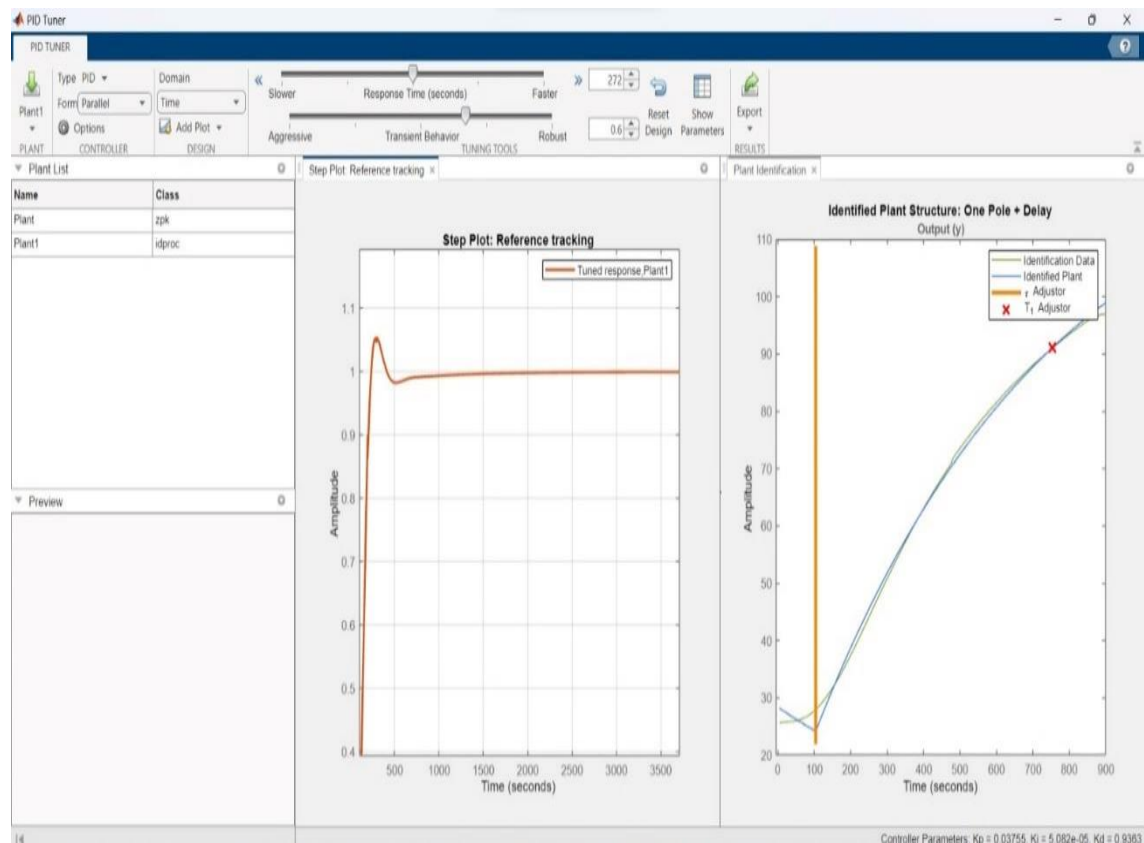
Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023



### 3.6.3 Control PID

MATLAB versión 2022b es el *software* utilizado para la obtención de las constantes proporcional, derivativa e integral, necesarias para el control de temperatura. Mediante la herramienta PID Tuner se puede sintonizar cada uno de los parámetros mencionados a través de la función de transferencia de la planta, una vez se obtienen las constantes estas se pueden ajustar según las características que se necesiten como un control más rápido, más lento, más abrupto o con menos oscilación.

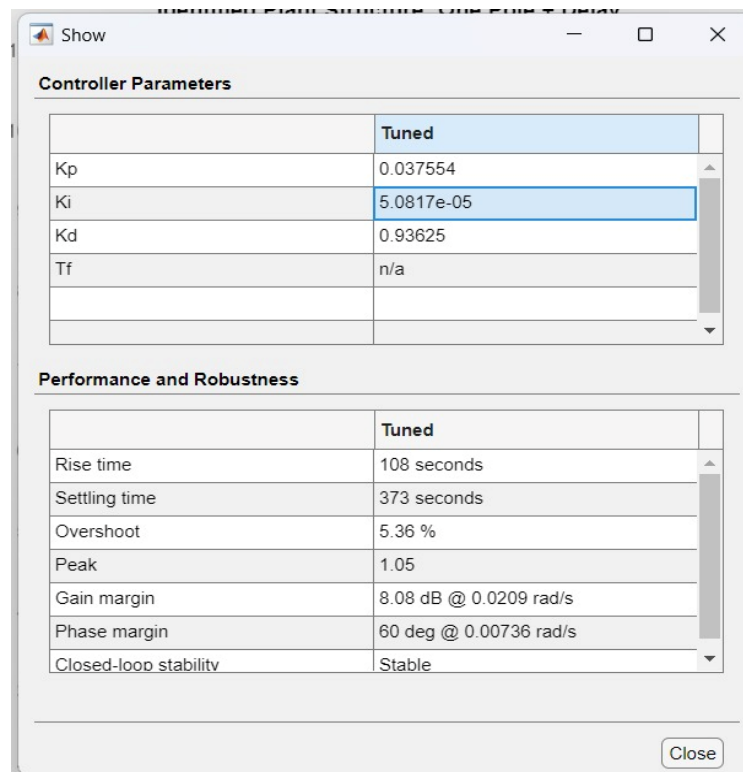
Es importante mencionar que todo el proceso se realizó mediante datos experimentales que se tomaron cada 5 segundos, para de esta manera tomar estos datos y expórtalos a MATLAB para obtener la planta del proceso, tal como se puede observar en la *Ilustración 3-24*.



**Ilustración 3-24:** Obtención de la planta con PID Tuner.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Una vez que se ajusta la curva mediante el identificador de planta se debe modificar los valores para definir si se requiere un proceso rápido o lento, de igual manera si e necesita que sea agresivo o más robusto el control PID para así poder obtener los valores, que para esta planta son:  $k_p=0.037554$ ,  $k_i=0.000050817$  y  $k_d=0.93625$ , tal como se puede observar en la *Ilustración 3-25*.



**Ilustración 3-25:** Parámetros del controlador PID

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

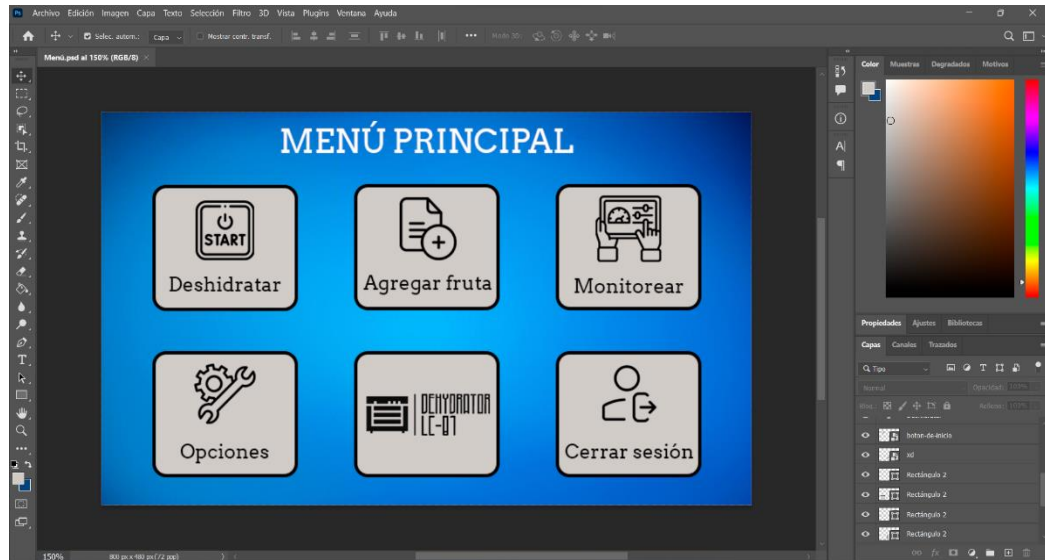
### 3.7 Interfaz para la visualización de la información

Para esta etapa de visualización, el dispositivo cuenta con dos interfaces gráficas. La primera es la pantalla HMI, la cual permite poner en marcha al Dehydrator LC-01, monitorizar las variables de proceso en tiempo real, y añadir parámetros para la deshidratación de nuevas frutas. La segunda, es la interfaz de la aplicación móvil que permite el monitoreo del proceso, registro de nuevos usuarios y la adición de nuevas frutas para deshidratar en la base de datos.

#### 3.7.1 Pantalla HMI

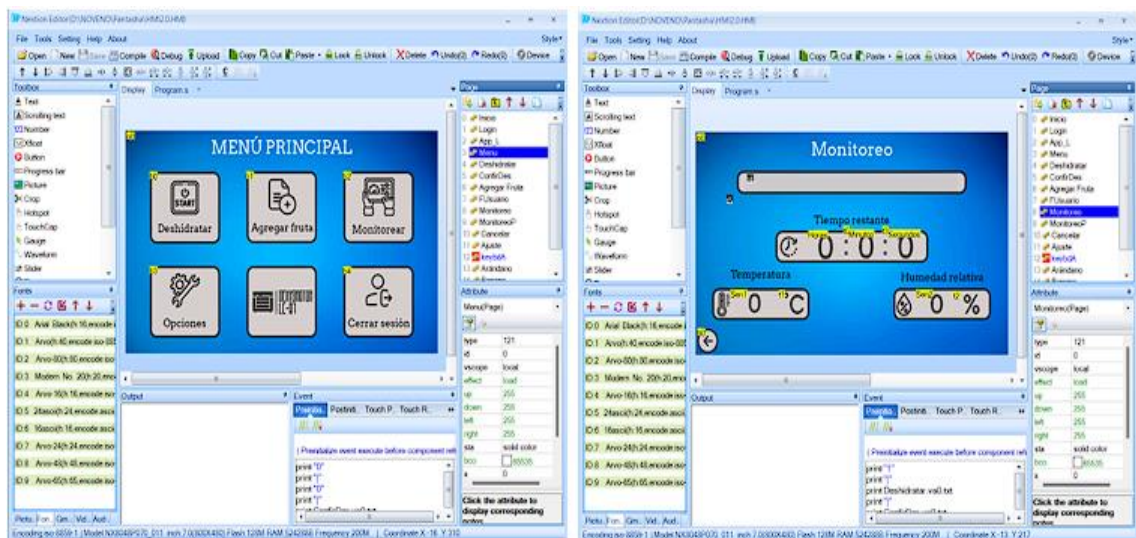
La empresa Nextion cuenta con su propio *software* para el desarrollo de la interfaz gráfica de sus pantallas HMI, por lo cual se utilizó el programa Nextion Editor en su versión 1.65.1. Este programa permite añadir componentes como cuadros de texto, botones, imágenes, etc., además permite editar o modificar sus atributos según el funcionamiento requerido por el usuario. Se ingresaron imágenes que fueron previamente diseñadas utilizando Photoshop 2024 para facilitar la creación de las pantallas que se presentarán en la HMI como se observa en la *Ilustración 3-26*, con las herramientas de Nextion Editor se realizó el diseño de botones e ingreso de cajas de texto

las cuales servirán para escribir sobre las mismas mediante un teclado predefinido por el *software* y otras para presentar mensajes de alerta o notas necesarias para el correcto funcionamiento del Dehydrator LC-01 tal como se muestra en la *Ilustración 3-27*.



**Ilustración 3-26:** Diseño de pantallas HMI en Photoshop.

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023



**Ilustración 3-27:** Creación de botones y textos en Nextion Editor.

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.7.2 Interfaz de la aplicación móvil

Como parte del Dehydrator LC-01 se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles, la cual fue creada utilizando el *software* en línea MIT App Inventor versión nb195. Esta plataforma se basa en la programación visual mediante el uso de objetos como cajas de texto, etiquetas, cajas

de contraseña, botones, etc., que pueden ser colocadas en el espacio de trabajo para crear el diseño de la aplicación móvil. Para la programación de cada elemento que conforma la interfaz se lo hace mediante bloques los cuales permiten las acciones de: control, lógica, matemática, texto, listas, diccionarios, colores, variables y procedimientos. La programación de la aplicación móvil se encuentra detallada en el Anexo J.

Al abrir la aplicación se despliega una pantalla como se muestra en la *Ilustración 3-28* esta es para el registro de usuarios e inicio de sesión mediante el uso de correo electrónico y una contraseña que debe poseer al menos seis caracteres. Se muestra también un apartado para recuperar la contraseña en caso de que el usuario la olvide.



**Ilustración 3-28:** Pantalla de ingreso aplicación móvil.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

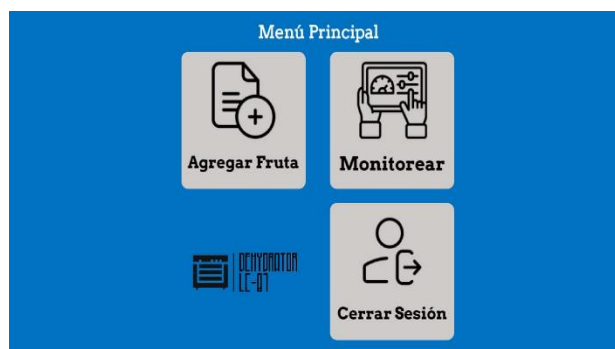
Una vez el usuario se ha registrado debe ingresar con las credenciales proporcionadas, esto da paso a la pantalla para la verificación como se muestra en la *Ilustración 3-29*. Esta sección permite enviar un mensaje de verificación al correo proporcionado por el usuario.



**Ilustración 3-29:** Pantalla de verificación de correo.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

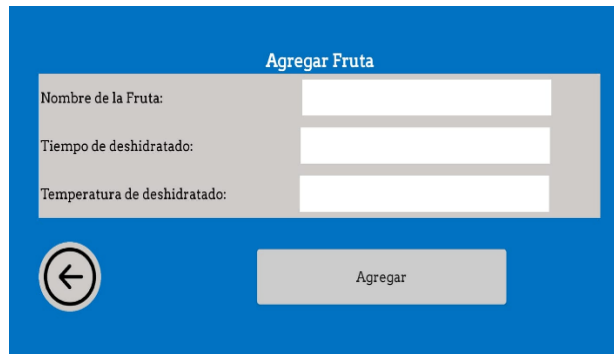
La aplicación consta de un menú principal donde se despliegan 3 opciones denominadas: Agregar fruta, Monitorear y Cerrar Sesión, como se aprecia en la *Ilustración 3-30*.



**Ilustración 3-30:** Menú principal de la aplicación móvil.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

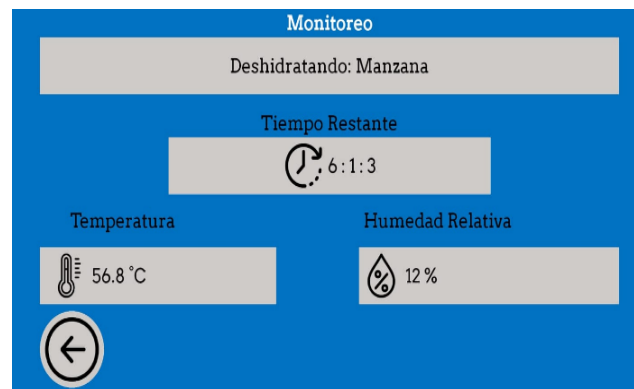
Al presionar el botón “Agregar Fruta” se muestra la pantalla de la *Ilustración 3-31*. Se visualizan 3 campos de texto que permiten escribir el nombre y los parámetros necesarios para la deshidratación de una nueva fruta que no se encuentre definida por defecto en la base de datos.



**Ilustración 3-31:** Pantalla para agregar nueva fruta.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

El botón “Monitorear” despliega la pantalla de la *Ilustración 3-32* donde se muestra la fruta seleccionada para la deshidratación, el tiempo que falta para que se complete el proceso, la temperatura y la humedad relativa dentro del Dehydrator LC-01. Estos datos se actualizan en tiempo real.



**Ilustración 3-32:** Pantalla de monitoreo.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.8 Diseño estructural del Dehydrator LC-01

Con la finalidad de cumplir con los requerimientos establecidos se optó por utilizar una estructura comercial y modificarla para colocar los diferentes dispositivos hardware que conforman en Dehydrator LC-01. Es importante mencionara que las diferentes estructuras utilizadas se diseñaron mediante el *software* Fusión 360 en su versión. Todo el diseño estructural se encuentra dividido en 3 zonas, la cámara de deshidratado, cámara de ventilación y calefactor y la caja de elementos electrónicos. Es necesario mencionar que la cámara de deshidratado y la cámara de ventilación y calefactor son parte de la estructura comercial, mientras que la caja de elementos electrónicos es de diseño propio. A continuación, se detallan cada uno de ellos.

### 3.8.1 Estructura cámara de deshidratado

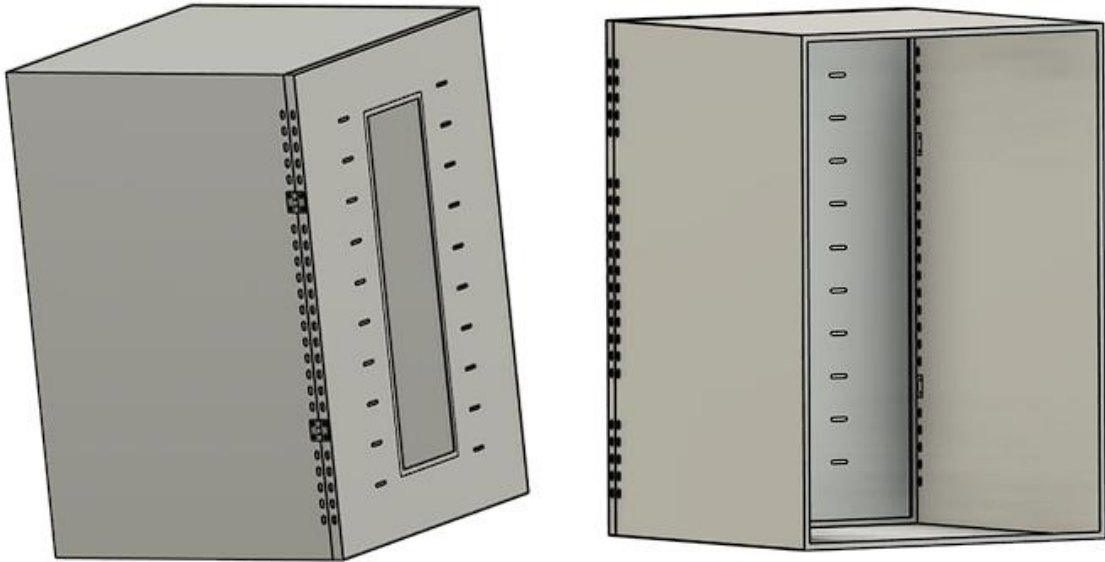
El material en el que se encuentra construida la cámara de deshidratado es acero inoxidable 304 de grado alimenticio, cuenta de igual manera con 16 bandejas de malla del mismo material que se encuentran separadas 3.5 cm entre ellas. Por otra parte, esta estructura cuenta con una tapa con perforaciones para permitir la salida del aire y una ventana con vidrio templado. En la *Tabla 3-10* se presentan los detalles de las medidas de la cámara de deshidratado.

**Tabla 3-10:** Medidas cámara de deshidratado.

Ítem	Medida
Alto	60 cm
Ancho	42cm
Largo	41 cm
Bandejas	40x40 cm

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Con las medidas tomadas de la estructura comercial se realizó el diseño en 3D de la mismo, de esta manera la cámara de deshidratado se muestra en la *Ilustración 3-33*.



**Ilustración 3-33:** Diseño de la cámara de deshidratado.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.8.2 Estructura cámara de ventiladores y calefactor

Al igual que la cámara de deshidratado esta estructura se encuentra construida en acero inoxidable 304 de grado alimenticio. En esta estructura se encuentran los dos ventiladores axiales utilizados

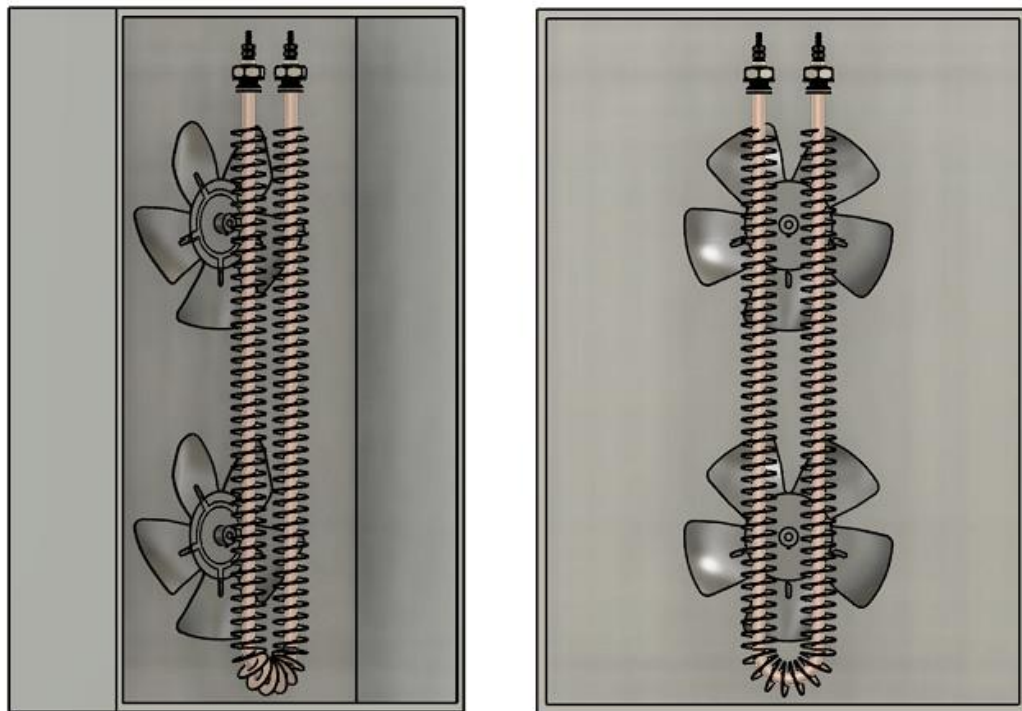
para mover el aire caliente dentro de la cámara de deshidratado, también se encontrará el calefactor, además tendrá una malla que servirá para que no se pueda acceder a los elementos fácilmente y evitar accidentes. En la *Tabla 3-11* se muestran las medidas de esta estructura.

**Tabla 3-11:** Medidas cámara de ventiladores y calefactor.

Ítem	Medida
Alto	60 cm
Ancho	42cm
Largo	13 cm
Malla protectora	55x35 cm

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Con las medidas tomadas se procedió a diseñar el modelo 3D de la estructura la cual se muestra en la *Ilustración 3-34*.



**Ilustración 3-34:** Diseño de la estructura de calefactor y ventiladores.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

### 3.8.3 Estructura caja de elementos electrónicos

Esta estructura se diseñó para colocar todos los elementos electrónicos necesarios para el funcionamiento del Dehydrator LC-01, se encontrará anclada a la cámara de ventiladores y



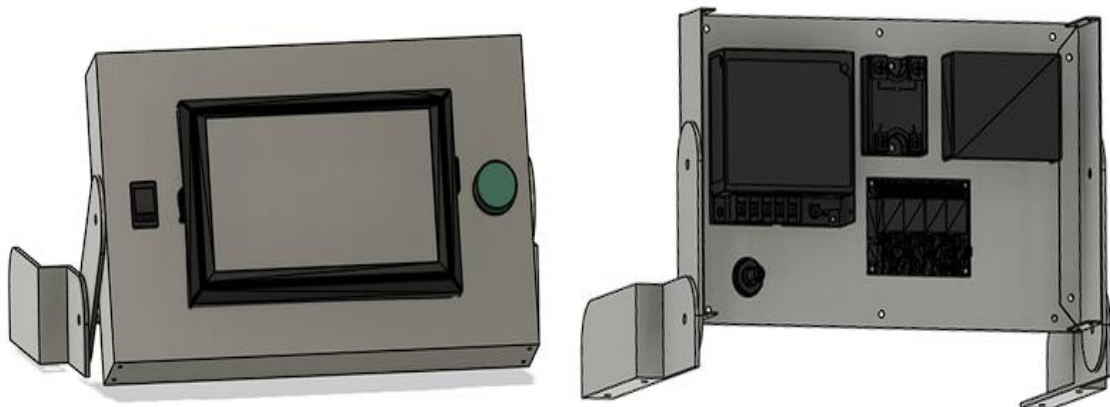
calefactor. Es importante mencionar que contará de dos partes la caja principal y la estructura de soporte, la cual contará con dos grados de libertad permitiendo mover y colocar el HMI según necesidades del usuario. En la *Tabla 3-12* se presentan las medidas de la caja principal.

**Tabla 3-12:** Medidas caja de elementos electrónicos.

Ítem	Medida
Alto	18 cm
Ancho	5 cm
Largo	30 cm

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

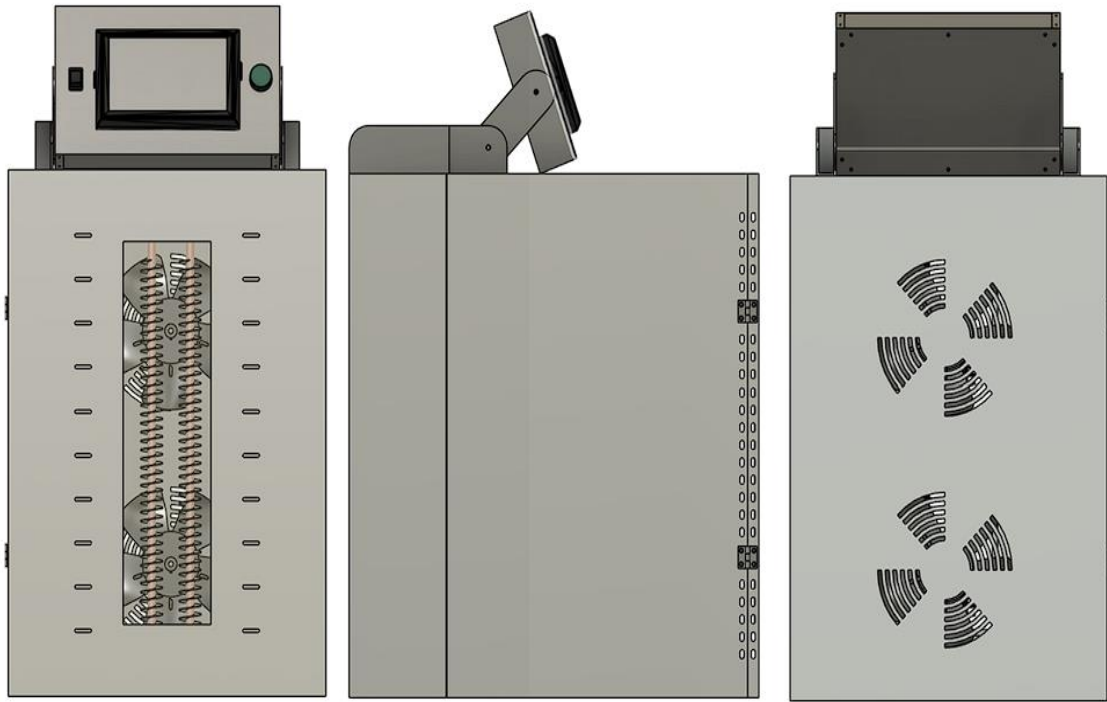
Las medidas establecidas son las suficientes para tener el espacio necesario para colocar todos los elementos hardware del Dehydrator LC-01. En la *Ilustración 3-35* se presenta el diseño 3D de la caja de elementos electrónicos.



**Ilustración 3-35:** Diseño de caja de elementos electrónicos.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

Todas las partes estructurales mencionadas conforman el Dehydrator LC-01, el diseño final uniendo todas las partes se presenta en la *Ilustración 3-36* haciendo referencia a las vistas: frontal, lateral y posterior.



a) Vista frontal

b) Vista Lateral

c) Vista posterior

**Ilustración 3-36:** Diseño final Dehydrator LC-01.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2023

## CAPÍTULO IV

### 4. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

En el presente capítulo se evalúa el desempeño de hardware y software del Dehydrator LC-01, el cual se puede observar en la *Ilustración 4-1*. Dentro de las pruebas realizadas sobre el prototipo se incluyen validación y estabilidad de sensores, integridad de la información enviada, ingreso de información a la base de datos, tiempos de lectura y escritura en la base de datos, estabilidad del control PID, pruebas de funcionamiento y usabilidad, pruebas de aceptabilidad y calidad de la fruta deshidratada y finalmente un análisis económico del dispositivo.



**Ilustración 4-1:** Dehydrator LC-01 ensamblado.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

#### 4.1 Consideraciones generales

Al definir el tamaño de una muestra se deben tener en cuenta factores como: metas establecidas, disponibilidad de recursos y condiciones en las que se llevarán a cabo las estimaciones. Se prefieren las muestras grandes ya que se consideran más precisas y con un margen de error pequeño (Manzano 2013).

Para validar el dispositivo Dehydrator LC-01 se realizaron pruebas para definir su exactitud y precisión. Como un primer parámetro para evaluar el resultado experimental, se consideró la obtención del error relativo de manera porcentual. Por lo que se determina que, si el valor obtenido está entre 0% y 1%, el resultado se califica como “muy bueno”, si el valor obtenido está entre los valores de 1% y 5%, el resultado se califica como “bueno”, un valor entre el 5% y 10% se califica como “aceptable”, y si el valor es mayor al 10% se califica como “poco confiable” (Santo et al., 2005).

Se definió un segundo parámetro de evaluación, en el cual mediante el uso del sensor se registra el valor real de las condiciones ambientales y se procede a tabular. Para una prueba de estabilidad es necesario tomar al menos 10 muestras (María Reidl-Martínez, 2013). Con estos datos, se procedió a obtener la media, coeficiente de variación y la desviación estándar con el fin de determinar el análisis de dispersión necesario al conjunto de datos. El coeficiente de variación es útil para aceptar o rechazar la validez de los experimentos (Camargo Buitrago, Gordon Mendoza, Quirós McIntire, 2016). Si se obtiene un coeficiente de variación con un valor cercano a 0, la muestra es compacta y existe muy poca variabilidad, lo cual indica que los datos son aceptables. Además, si los datos son menores a 1, también son considerados aceptables y reflejan poca variabilidad. Por otro lado, si su valor supera el 1, la media es poco representativa y los datos son dispersos, lo que sugiere falta de confiabilidad y podrían ser descartados (Castillo, 2009).

Dentro de las herramientas estadísticas se utilizó Shapiro-Wilk para determinar la distribución normal de los datos, la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas, estas dos pruebas validan los requisitos necesarios para ejecutar un análisis ANOVA el cual se aplica para probar hipótesis sobre la existencia de diferencias significativas de una o varias medias de un conjunto de muestras. Las hipótesis que se plantean son: hipótesis nula ( $H_0$ ) la cual menciona que existe una igualdad en las medias poblacionales; y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) que sostiene que las medias poblacionales son distintas. La aceptación o rechazo de las hipótesis depende del nivel de significancia que se establece en 0.05, de este modo, si el valor de significancia obtenido es menor o igual a 0.05 se rechaza lo planteado por la hipótesis nula dando paso a la aceptación de la hipótesis alternativa, mientras que, si el valor es mayor se acepta la hipótesis nula. En caso de presentarse un rechazo de la hipótesis nula se utiliza un análisis Post Hoc que realiza comparaciones entre todas las combinaciones de medias posibles para determinar donde se encuentra la diferencia establecida por la hipótesis alternativa. Además, se utilizó la prueba de Welch que permite contrastar la igualdad de las medias cuando no existe una homogeneidad de varianzas (López-Roldán, Fachelli, 2016).

## 4.2 Validación de la etapa de sensores

En este apartado se detallan las pruebas realizadas a los sensores que dispone el Dehydrator LC-01, esto con la finalidad de evaluar la exactitud que presentan dichos sensores mediante una prueba de error absoluto y relativo. De esta manera las variables van a ser evaluadas son temperatura y humedad relativa, estas variables son medidas por medio del sensor FS200-SHT10. De esta manera a continuación se presentan las pruebas realizadas para determinar la estabilidad y confiabilidad del sensor antes descrito.

### 4.2.1 Validación del sensor de temperatura FS200-SHT10

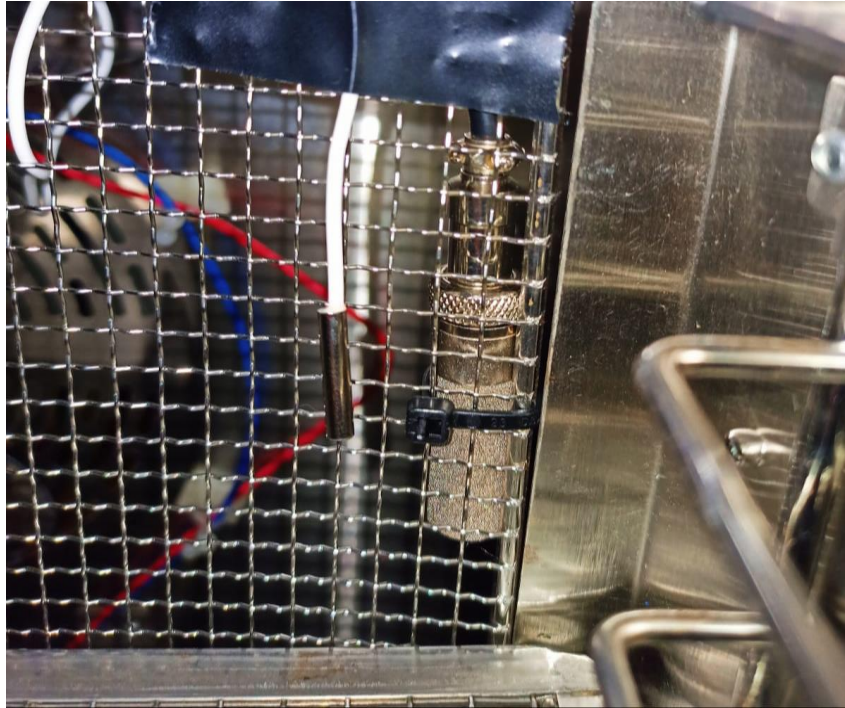
El objetivo de la prueba es determinar que el Dehydrator LC-01 no agregue errores adicionales a los del sensor FS200-SHT10, en este caso para la variable de temperatura la cuál es fundamental para obtener un deshidratado de calidad. Para la realización de esta prueba se utilizó un equipo patrón, específicamente el termohigrómetro TA318 el cuál se presenta en la *Ilustración 4-2*, según la información presentada en las especificaciones técnicas de este equipo se menciona que tiene una exactitud de  $\pm 1$  °C, para más información sobre este equipo remítase al Anexo K.



**Ilustración 4-2:** Termohigrómetro TA318.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

Para obtener resultados precisos se colocó la sonda de temperatura del TA318 al lado del sensor FS200-SHT10 tal como se puede observar en la *Ilustración 4-3*. Para esta prueba se tomaron 30 lecturas de temperatura otorgadas por el TA318 y el sensor de temperatura FS200-SHT10 del Dehydrator LC-01, es necesario mencionar que las lecturas se realizaron en diferentes instantes de tiempo, para más evidencias sobre las pruebas realizadas diríjase al Anexo L.



**Ilustración 4-3:** Sonda del equipo patrón junto al sensor FS200-SHT10.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En este caso hay que tomar en cuenta que al no contar con un equipo patrón con la misma exactitud que la del sensor FS200-SHT10 se debe sumar los errores de medición para así poder determinar el error absoluto esperado para esta prueba. De esta manera se tiene que el error del TA318 es de  $\pm 1$  °C y el error del sensor es de  $\pm 0.5$  °C el error absoluto esperado es de  $\pm 1.5$  °C. Con esta información finalmente se procede a hallar el error absoluto y el error relativo de cada una de las mediciones tal y como se muestra en la *Tabla 4-1* donde se verifica que el error absoluto obtenido no supera el error absoluto esperado.

**Tabla 4-1:** Error relativo porcentual entre la medición de temperatura del equipo patrón y el sensor FS200-SHT10.

Número de lectura	Medición de temperatura por el TA318 (°C)	Medición de temperatura por el sensor FS200-SHT10 (°C)	Error absoluto	Error relativo (%)
1	24.80	25.80	1.00	3.88
2	25.00	25.90	0.90	3.47
3	24.10	24.90	0.80	3.21
4	24.30	25.20	0.90	3.57
5	23.90	24.70	0.80	3.24
6	23.90	24.90	1.00	4.02
7	21.70	22.60	0.90	3.98
8	21.50	22.50	1.00	4.44
9	21.60	22.50	0.90	4.00
10	21.60	22.60	1.00	4.42
11	21.70	22.50	0.80	3.56
12	21.80	22.70	0.90	3.96
13	22.00	22.80	0.80	3.51
14	22.20	23.20	1.00	4.31
15	22.90	23.80	0.90	3.78
16	22.30	23.30	1.00	4.29
17	23.40	24.20	0.80	3.31
18	23.20	24.10	0.90	3.73
19	22.90	23.90	1.00	4.18
20	22.20	23.10	0.90	3.90
21	20.70	21.60	0.90	4.17
22	21.00	22.00	1.00	4.55
23	21.30	22.10	0.80	3.62
24	21.50	22.40	0.90	4.02
25	21.40	22.40	1.00	4.46
26	21.60	22.60	1.00	4.42
27	21.90	22.80	0.90	3.95
28	22.00	22.90	0.90	3.93
29	21.70	22.60	0.90	3.98
30	21.60	22.60	1.00	4.42
<b>Valor más bajo obtenido del error relativo</b>			3.21 %	
<b>Valor más alto obtenido del error relativo</b>			4.46 %	

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

De la *Tabla 4-1* se obtiene como resultados que el error relativo porcentual máximo de los datos obtenidos de las mediciones del TA318 y el sensor FS200-SHT10 del Dehydrator LC-01 es de

4.46%, este valor se encuentra entre el rango mayor 1% y menor 5%, lo cual indica que los resultados obtenidos de los resultados experimentales son “buenos”. Por otra parte, el error absoluto máximo obtenido en la prueba es de 1°C siendo este resultado menor al error absoluto esperado que era de 1.5°C, lo cual indica que el Dehydrator LC-01 no agrega errores adicionales al sensor.

#### **4.2.2 Validación del sensor de humedad relativa FS200-SHT10**

El objetivo de la prueba es determinar que el Dehydrator LC-01 no agregue errores adicionales a los del sensor FS200-SHT10, en este caso para la variable de humedad relativa. Para la validación del sensor de humedad relativa también se utilizó el termohigrómetro TA318, hay que tomar en cuenta que la exactitud en la medición del TA318 es de  $\pm 5\%$ .

Para determinar la precisión del sensor se tomaron 30 lecturas del TA318, así como del sensor FS200-SHT10 del Dehydrator LC-0. Las evidencias de las pruebas realizadas se presentan en el Anexo M. Al igual que la sección anterior se debe sumar los errores de medición de cada uno de los equipos utilizados para obtener el error absoluto esperado en esta prueba, es así que el TA318 presenta un error de  $\pm 5\%$  y el sensor FS200-SHT10 tiene un error de  $\pm 3\%$ , dando como resultado un error absoluto esperado de  $\pm 8\%$ . En la *Tabla 4-2* se presentan los resultados del error absoluto y el error relativo para cada una de las lecturas.



**Tabla 4-2:** Error relativo porcentual entre la medición de humedad relativa del equipo patrón y el sensor FS200-SHT10.

Número de lectura	Medición de humedad relativa por el TA318 (% RH)	Medición de humedad relativa por el sensor FS200-SHT10 (% RH)	Error absoluto	Error relativo (%)
1	49.00	51.00	2.00	4.08
2	49.00	47.00	2.00	4.08
3	48.00	47.00	1.00	2.08
4	48.00	48.00	0.00	0.00
5	49.00	47.00	2.00	4.08
6	49.00	48.00	1.00	2.04
7	49.00	47.00	2.00	4.08
8	50.00	51.00	1.00	2.00
9	49.00	51.00	2.00	4.08
10	50.00	51.00	1.00	2.00
11	50.00	52.00	2.00	4.00
12	50.00	51.00	1.00	2.00
13	50.00	50.00	0.00	0.00
14	50.00	51.00	1.00	2.00
15	53.00	52.00	1.00	1.89
16	53.00	53.00	0.00	0.00
17	50.00	49.00	1.00	2.00
18	50.00	50.00	0.00	0.00
19	51.00	51.00	0.00	0.00
20	52.00	50.00	2.00	3.85
21	52.00	52.00	0.00	0.00
22	51.00	49.00	2.00	3.92
23	50.00	49.00	1.00	2.00
24	54.00	56.00	2.00	3.70
25	54.00	55.00	1.00	1.85
26	54.00	56.00	2.00	3.70
27	56.00	57.00	1.00	1.79
28	55.00	57.00	2.00	3.64
29	57.00	56.00	1.00	1.75
30	56.00	57.00	1.00	1.79
<b>Valor más bajo obtenido del error relativo</b>			0.00 %	
<b>Valor más alto obtenido del error relativo</b>			4.08 %	

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

De la *Tabla 4-2* se obtiene el error relativo máximo que es de 4.08 %, con este dato se establece que el criterio de calidad de los datos experimentales se encuentra en el rango de mayor a 1 % y

menor a 5 % que da como resultado que los datos obtenidos mediante las pruebas son “buenos”. Por otra parte, el error absoluto máximo no supera el 8 % de humedad esperado, con lo cual se determina que el Dehydrator LC-01 no agrega errores adicionales a los del sensor.

### 4.3 Estabilidad del sensor FS200-SHT10

Tiene como objetivo fundamental verificar la precisión y estabilidad de las variables de temperatura y humedad relativa medidas por el sensor FS200-SHT10, esto mediante el cálculo del coeficiente de variación. Para la realización de esta prueba se va a determinar el comportamiento del sensor durante tiempo cortos de tiempo y bajo las mismas condiciones ambientales. De esta manera se registró 10 lecturas para cada una de las variables antes mencionadas con intervalos de 10 segundos cada una, la hora de inicialización de la prueba fue a las 14:00:00. Los datos obtenidos se muestran en la *Tabla 4-3*.

**Tabla 4-3:** Resultados prueba de estabilidad del sensor FS200-SHT10.

Muestra	Hora	Temperatura medida por el sensor FS200-SHT10 (°C)	Humedad relativa medida por el sensor FS200-SHT10 (% RH)
1	14:00:00	22.70	60.00
2	14:00:10	22.80	60.00
3	14:00:20	22.80	60.00
4	14:00:30	22.90	59.00
5	14:00:40	22.90	59.00
6	14:00:50	22.90	59.00
7	14:00:60	22.90	59.00
8	14:01:00	23.00	59.00
9	14:01:10	23.00	59.00
10	14:01:20	23.00	59.00
<b>Media</b>		22.89	59.30
<b>Desviación estándar</b>		0.09	0.46
<b>Coefficiente de variación</b>		0.41 %	0.77 %

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

Analizando los resultados obtenidos de la *Tabla 4-3* se puede apreciar que el coeficiente de variación para el sensor FS200-SHT10 del Dehydrator LC-01 los valores obtenidos son: 0.41 % para la variable de temperatura y 0.77 % para la variable de humedad relativa. De esta manera al comparar estos valores con el criterio de aceptación o rechazo del coeficiente de variación se puede concluir que el sensor FS200-SHT10 es preciso y tiene poca variabilidad esto debido a que los resultados son menores al 1%.

#### 4.4 Integridad de la información enviada

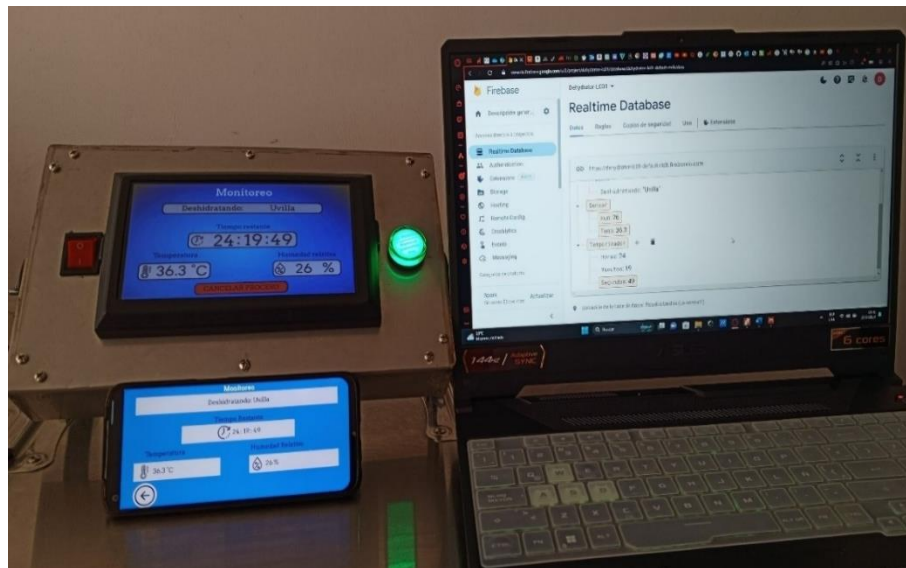
El objetivo fundamental de esta prueba es determinar que la información enviada del bloque de sensores y control sea la misma que llega hasta la etapa de control, base de datos, HMI y aplicación móvil. De esta manera para la realización de esta prueba se encendió el equipo y mediante la HMI se puso en funcionamiento el Dehydrator LC-01 sin conexión de los ventiladores y calefactores para emular la selección de una fruta para su proceso de deshidratación y poder monitorear los datos enviados tanto a la base de datos, HMI y aplicación móvil, es importante mencionar que se tomarán 15 muestras de manera aleatoria. La evidencia correspondiente a la realización de esta prueba se encuentra en el Anexo N. En la *Tabla 4-4* se muestran los detalles de la información que será validada en esta prueba.

**Tabla 4-4:** Detalles de la información a enviar.

Dato	Descripción
D1	Dato de temperatura (°C)
D2	Dato de humedad relativa (% RH)
D3	Fruta a deshidratar
D4	Tiempo restante del proceso (Horas, minutos, segundos)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En la *Ilustración 4-4* se muestra que los datos enviados por la tarjeta de desarrollo ESP32 NodeMCU llegan a la base de datos, HMI y aplicación móvil, por otra parte, se observa que los datos recibidos concuerdan en todos los dispositivos de monitoreo antes mencionados.



**Ilustración 4-4:** Integridad de la información enviada.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

**Tabla 4-5:** Resultados de la prueba de integridad entre los datos enviados y recibidos.

Muestra	Datos enviados				Datos recibidos				Error de los datos			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D2	D4
1	21.8	61	Durazno	9:29:30	21.8	61	Durazno	8:30:30	0	0	0	0
2	22	61	Durazno	9:25:00	22	61	Durazno	9:25:00	0	0	0	0
3	22.1	61	Durazno	9:20:57	22.1	61	Durazno	9:20:57	0	0	0	0
4	22.1	61	Durazno	9:18:23	22.1	61	Durazno	9:18:23	0	0	0	0
5	22.1	61	Durazno	9:11:32	22.1	61	Durazno	9:11:32	0	0	0	0
6	21.8	62	Pera	13:29:46	21.8	62	Pera	13:29:46	0	0	0	0
7	22	62	Pera	13:28:00	22	62	Pera	13:28:00	0	0	0	0
8	22.1	61	Pera	13:25:10	22.1	61	Pera	13:25:10	0	0	0	0
9	22	61	Pera	13:20:23	22	61	Pera	13:20:23	0	0	0	0
10	22	62	Pera	13:10:10	22	62	Pera	13:10:10	0	0	0	0
11	21.3	65	Uvilla	9:29:30	21.3	65	Uvilla	9:29:30	0	0	0	0
12	21.1	66	Uvilla	24:29:35	21.1	66	Uvilla	24:29:35	0	0	0	0
13	21.4	64	Uvilla	24:26:35	21.4	64	Uvilla	24:26:35	0	0	0	0
14	21.4	64	Uvilla	24:20:21	21.4	64	Uvilla	24:20:21	0	0	0	0
15	21.3	65	Uvilla	24:10:53	21.3	65	Uvilla	24:10:53	0	0	0	0
<b>Promedio del error absoluto</b>									0	0	0	0

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En la *Tabla 4-5* se puede verificar que el error absoluto es nulo para cada uno de los 4 datos enviados. Con esta información se puede indicar que el Dehydrator LC-01 cuenta con una exactitud del 100% en lo que respecta a los datos enviados y recibidos en las diferentes etapas del mismo, partiendo desde la lectura de las variables de temperatura y humedad, hasta el envío de las mismas a la base de datos, HMI y aplicación móvil.

#### 4.5 Ingreso de nuevas frutas a la base de datos

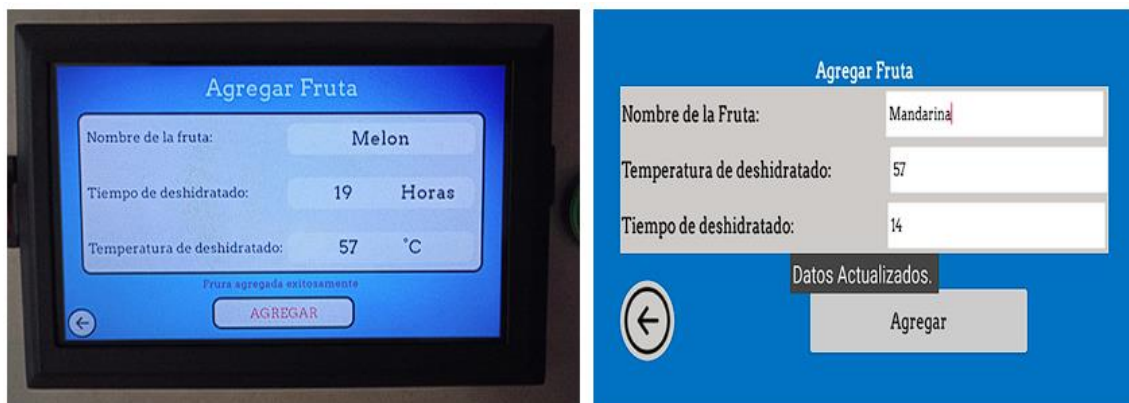
El objetivo de esta prueba es determinar que se puede ingresar nuevas frutas a la base de datos desde la aplicación móvil y HMI del Dehydrator LC-01, creando una lista de frutas agregadas para cada usuario registrado. Para esta prueba se registraron dos usuarios y se hará el ingreso y modificación de parámetros de nuevas frutas, tomando en cuenta que se tomarán 10 muestras por cada usuario dando un total de 20 muestras. Las muestras se tomarán en tiempos al azar. La evidencia correspondiente a la realización de esta prueba se encuentra en el Anexo O. En la *Tabla 4-6* se muestran los detalles de la información que será validada en esta prueba.

**Tabla 4-6:** Datos a ser guardados a la base de datos.

Dato	Descripción
D1	Nombre de la fruta
D2	Temperatura de deshidratado (°C)
D3	Tiempo de deshidratado (Horas)

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En la *Ilustración 4-5* se muestra el ingreso de nuevas frutas a la base de datos tanto desde la aplicación móvil y HMI, esta información deberá verse reflejada en el nodo “N\_Frutas” de la base de datos con el identificador propio de cada usuario.



**Ilustración 4-5:** Ingreso de una nueva fruta desde el HMI y aplicación móvil.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

**Tabla 4-7:** Ingreso de frutas a la base de datos.

Muestra	Datos a almacenar			Datos almacenados			Error de los datos		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
<b>Usuario 1</b>									
1	Uva	57	24	Uva	57	24	0	0	0
2	Limon	57	12	Limon	57	12	0	0	0
3	Kiwi	57	6	Kiwi	57	6	0	0	0
4	Higo	57	24	Higo	57	24	0	0	0
5	Mandarina	57	12	Mandarina	57	12	0	0	0
6	Melon	57	18	Melon	57	18	0	0	0
7	Sandia	57	20	Sandia	57	20	0	0	0
8	Cereza	57	24	Cereza	57	24	0	0	0
9	Naranja	57	12	Naranja	57	12	0	0	0
10	Melocoton	57	8	Melocoton	57	8	0	0	0
<b>Usuario 2</b>									
11	Naranja	58	14	Naranja	58	14	0	0	0
12	Lima	57	12	Lima	57	12	0	0	0
13	Higo	58	18	Higo	58	18	0	0	0
14	Uva	57	30	Uva	57	30	0	0	0
15	Melon	57	20	Melon	57	20	0	0	0
16	Sandia	58	24	Sandia	58	24	0	0	0
17	Melocoton	57	12	Melocoton	57	12	0	0	0
18	Cereza	57	18	Cereza	57	18	0	0	0
19	Kiwi	58	10	Kiwi	58	10	0	0	0
20	Frambuesa	57	24	Frambuesa	57	24	0	0	0
<b>Promedio del error absoluto usuario 1</b>							0	0	0
<b>Promedio del error absoluto usuario 2</b>							0	0	0

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

Con los datos obtenidos de las *Tabla 4-7* se puede determinar que el ingreso de nuevas frutas funciona correctamente, ya que el error absoluto para los dos usuarios fue de 0, lo cual indica que la información enviada es almacenada correctamente en la base de datos individual de cada uno de los usuarios con los que se realizó la prueba.

#### 4.6 Análisis de los tiempos de lectura y escritura en la base de datos

El objetivo de esta prueba es determinar los tiempos que le toma al Dehydrator LC-01 en leer y escribir información desde y hacia la base de datos, respectivamente. De esta manera para la realización de esta prueba se tomaron en cuenta tres horarios a lo largo del día: 9:00 AM, 1 PM y 5:00 PM.

#### 4.6.1 Tiempos de lectura desde la base de datos

El objetivo es determinar el tiempo que tarda la información en ser leída desde la base de datos y mostrada en la pantalla HMI, para ello se simula el inicio de un proceso para así leer los parámetros de temperatura y tiempo de deshidratado de la fruta seleccionada desde la base de datos. Para esta prueba se utilizó un cronómetro y se tomaron 15 muestras para cada uno de los horarios establecidos, de esta manera en la *Tabla 4-8* se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 4-8:** Resultados de los tiempos de lectura desde la base de datos.

Muestras	Tiempo de lectura en segundos (9:00 AM)	Tiempo de lectura en segundos (1:00 PM)	Tiempo de lectura en segundos (5:00 PM)
1	0.75	0.98	1.12
2	1.15	0.82	1.77
3	2.65	1.06	0.93
4	0.94	0.85	1.15
5	1.57	0.81	0.97
6	0.63	1.02	1.92
7	0.98	1.19	1.57
8	1.55	0.97	1.78
9	0.76	0.93	0.73
10	0.43	0.88	1.03
11	0.68	0.81	2.26
12	1.66	0.84	3.08
13	1.47	0.81	1.47
14	0.67	1.06	1.12
15	1.12	0.90	2.01
<b>Media</b>	1.13	0.93	1.53

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

Se aplicaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk a los datos de la *Tabla 4-8* mediante el uso del *software* SPSS. La *Tabla 4-9* presenta los resultados de dichas pruebas.

**Tabla 4-9:** Resultados de la prueba de normalidad tiempos de lectura desde la base de datos.

Horario	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Significancia
<b>9:00 AM</b>	0.885	15	0.056
<b>1:00 PM</b>	0.900	15	0.095
<b>5:00 PM</b>	0.916	15	0.165

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

De acuerdo con la información contenida en la *Tabla 4-9*, se determina que los datos son normales debido a que el valor de significancia obtenido mediante Shapiro-Wilk es mayor al nivel de significancia determinado de 0.05 para la prueba de normalidad. Antes de ejecutar un análisis estadístico se realiza una prueba de homogeneidad de varianzas utilizando el *software* SPSS y los resultados son los mostrados en la *Tabla 4-10*.

**Tabla 4-10:** Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de los tiempos de lectura desde la base de datos.

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	7.959	2	42	0.001
Se basa en la mediana	6.603	2	42	0.003
Se basa en la mediana y con gl ajustado	6.603	2	28.752	0.004
Se basa en la media recortada	7.494	2	42	0.002

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

La *Tabla 4-10* muestra que los valores de significancia obtenidos son menores a 0.05 por lo que no existe una homogeneidad de varianzas entre los grupos de análisis, razón por la cual se va a utilizar la prueba de Welch para el análisis estadístico, los resultados se muestran en la *Tabla 4-11*, cuyos valores fueron obtenidos mediante el *software* SPSS.

**Tabla 4-11:** Resultados prueba de Welch de los tiempos de lectura desde la base de datos.

	Estadístico	gl1	gl2	Sig.
Welch	7.155	2	19.9856	0.005

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

El valor de significancia obtenido en la *Tabla 4-11* muestra un valor igual a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual plantea que existen diferencias en las medias de los grupos de análisis. Para determinar que grupos son diferentes se utilizó el *software* SPSS para aplicar la prueba Post Hoc de Games-Howell, los resultados obtenidos se muestran en la *Tabla 4-12*.



**Tabla 4-12:** Resultados de la prueba Post Hoc de Games-Howell de los tiempos de lectura desde la base de datos.

(I)Horas	(J)Horas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
9:00AM	1:00PM	0.20533	0.15052	0.383	-0.1853	0.5959
	5:00PM	-0.39333	0.21885	0.189	-0.9351	0.1484
1:00PM	9:00AM	-0.20533	0.15052	0.383	-0.5959	0.1853
	5:00PM	-0.59867	0.16438	0.006	-1.0258	-0.1716
5:00PM	9:00AM	0.39333	0.21885	0.189	-0.1484	0.9351
	1:00PM	0.59867	0.16438	0.006	0.1716	1.0258

A partir de los valores de significancia de la *Tabla 4-12* se deduce que los grupos que tienen una significancia mayor a 0.05 tienen una media similar, mientras que los grupos que tienen un valor menor a 0.05 tienen una media diferente. El horario de 9:00AM tiene una media similar a la de los horarios de 1:00PM y 5:00PM, mientras que estos últimos poseen una media significativamente distinta al compararlos entre sí. Se concluye que el horario de las 9:00AM es el más aceptable para realizar una lectura desde la base de datos ya que su media no presenta una gran diferencia con el horario de la 1:00PM, que posee el promedio de tiempo más rápido (0.93 segundos), ni con la media del horario de las 5:00PM, que posee el promedio de tiempo más lento (1.53 segundos).

#### 4.6.2 *Tiempos de escritura hacia la base de datos*

El objetivo es determinar el tiempo que tarda la información en ser escrita en la base de datos, para ello se ingresaron nuevos parámetros en la opción de “Agregar nueva fruta” de la pantalla HMI. Para esta prueba se utilizó un cronómetro y se tomaron 15 muestras para cada uno de los horarios establecidos, de esta manera en la *Tabla 4-13* se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 4-13:** Tiempo de escritura hacia la base de datos.

Muestras	Tiempo de escritura en segundos (9:00 AM)	Tiempo de escritura en segundos (1:00 PM)	Tiempo de escritura en segundos (5:00 PM)
1	0.45	1.02	2.23
2	0.77	1.00	0.43
3	1.88	0.94	1.65
4	1.73	1.05	2.11
5	0.48	0.86	0.55
6	2.05	1.23	1.89
7	0.68	1.15	1.00
8	2.38	0.84	0.35
9	1.68	0.82	0.88
10	0.60	1.00	1.71
11	0.45	0.96	0.39
12	0.77	1.09	0.53
13	1.88	0.90	0.47
14	1.73	0.84	0.52
15	0.48	0.89	1.21
<b>Media</b>	1.20	0.97	1.06

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a la información de la *Tabla 4-13* se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk, para determinar normalidad de los datos, mediante el uso del *software* SPSS. Se obtuvieron los resultados presentados en la *Tabla 4-14*.

**Tabla 4-14:** Resultados de la prueba de normalidad tiempos de escritura hacia la base de datos.

Horario	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Significancia
<b>9:00 AM</b>	0.837	15	0.012
<b>1:00 PM</b>	0.944	15	0.438
<b>5:00 PM</b>	0.859	15	0.023

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

Según los datos obtenidos en la *Tabla 4-14*, se observa que el valor de la significancia obtenido en los horarios de 9:00AM y 5:00PM son menores al nivel de significancia de la prueba de 0.05, lo cual indica que no existe normalidad en los datos, por lo tanto, no es posible aplicar el análisis ANOVA. Con esto se concluye que el tiempo de escritura hacia la base de datos depende de la hora en la que esta información es enviada. Adicionalmente, se calculó la media de tiempo de subida en cada horario con el fin de tener una idea más clara de cual horario es el más conveniente para realizar la escritura en la base de datos. Dando como resultado que el horario con un menor

tiempo de escritura es el de la 1:00PM con un promedio de 0.97 segundos, seguido del horario de las 5:00PM con 1.06 segundos y, por último, el horario de las 9:00AM con 1.20 segundos.

#### 4.7 Tiempo en alcanzar la temperatura de setpoint

El objetivo de esta prueba es determinar el tiempo que se demora el Dehydrator LC-01 en llegar a la temperatura establecida como setpoint, en este caso el valor predeterminado para cada fruta es de 57°C que es el valor que se deberá alcanzar. Para la realización de esta prueba se inició un proceso de deshidratado para medir el tiempo mediante un cronómetro, es necesario detallar que se tomaron 10 muestras en diferentes instantes de tiempo, dando un reposo al dispositivo para que pueda volver a la temperatura ambiente. En la *Tabla 4-15* se muestran los resultados de la prueba realizada.

**Tabla 4-15:** Tiempo en el que el Dehydrator LC-01 alcanza la temperatura de setpoint.

Muestra	Setpoint (°C)	Temperatura inicial (°C)	Tiempo transcurrido hasta llegar al setpoint
1	57	20.7	17'55''
2	57	20.8	17'50''
3	57	20.5	17'56''
4	57	20.5	18'00''
5	57	20.3	17'49''
6	57	20.5	17'53''
7	57	20.7	17'47''
8	57	20.6	17'39''
9	57	20.4	17'36''
10	57	20.5	18'20''
<b>Tiempo máximo en alcanzar el setpoint</b>			18'20''

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a los resultados obtenidos en la *Tabla 4-15* se puede observar que el tiempo más alto obtenido para alcanzar el setpoint es de 18'20'', es así que se utilizará este dato para colocarlo en la programación y darle el tiempo requerido al equipo para alcanzar la temperatura requerida por el usuario. En este caso se aproximará el valor a 20 minutos extras agregados al tiempo definido para cada una de las frutas.

#### 4.8 Estabilidad del control PID

El objetivo principal de esta prueba es determinar la estabilidad del control PID de temperatura, para de esta manera verificar que los parámetros obtenidos de  $k_p$ ,  $k_i$  y  $k_d$  sean los adecuados para controlar el proceso. Para realizar la prueba se puso en funcionamiento el Dehydrator LC-01 y se esperó a que la temperatura del dispositivo llegue al setpoint que en este caso es de  $57^{\circ}\text{C}$ , luego se fueron tomando 20 muestras para así obtener el error absoluto y relativo de los datos obtenidos. Los resultados de la prueba se muestran en la *Tabla 4-16*.

**Tabla 4-16:** Resultados de la prueba de estabilidad del control PID.

Muestra	Setpoint ( $^{\circ}\text{C}$ )	Temperatura real ( $^{\circ}\text{C}$ )	Error absoluto	Error relativo (%)
1	57.00	57.70	0.70	1.23
2	57.00	57.50	0.50	0.88
3	57.00	57.50	0.50	0.88
4	57.00	57.40	0.40	0.70
5	57.00	56.90	0.10	0.18
6	57.00	57.50	0.50	0.88
7	57.00	57.20	0.20	0.35
8	57.00	57.60	0.60	1.05
9	57.00	56.50	0.50	0.88
10	57.00	57.40	0.40	0.70
11	57.00	57.30	0.30	0.53
12	57.00	57.10	0.10	0.18
13	57.00	56.60	0.40	0.70
14	57.00	57.20	0.20	0.35
15	57.00	57.30	0.30	0.53
16	57.00	57.00	0.00	0.00
17	57.00	57.70	0.70	1.23
18	57.00	57.10	0.10	0.18
19	57.00	57.20	0.20	0.35
20	57.00	57.10	0.10	0.18
<b>Valor más bajo obtenido del error relativo</b>			0.00 %	
<b>Valor más alto obtenido del error relativo</b>			1.23 %	

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a los resultados de la *Tabla 4-16* se puede determinar que el error absoluto se encuentra en el rango de mayor a 1% y menor a 5%, teniendo como máximo 1.23% de error relativo, lo cual indica que los resultados de esta prueba son “buenos”, por otra parte, es importante mencionar que el control PID ayuda a cumplir el requerimiento en lo que respecta a la variación de

temperatura el cual se estableció en  $\pm 1$  °C, obteniendo como máximo una variación de +0.7 °C y -0.4 °C.

#### 4.9 Consumo energético del Dehydrator LC-01

El objetivo de esta prueba es determinar el consumo que presenta el prototipo implementado cuando se encuentra en funcionamiento, para esto se utilizó una pinza amperimétrica Fluke i410 la cual permitirá medir la corriente consumida por las diferentes cargas del Dehydrator LC-01. De esta manera se puso en funcionamiento el equipo y se registró el consumo del calefactor, ventiladores y fuente de alimentación de elementos electrónicos. Las evidencias correspondientes a esta prueba se pueden encontrar en el Anexo P. De esta manera en la *Tabla 4-17* se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 4-17:** Consumo individual de los elementos.

Elemento	Consumo en estado Activo (A)
Calefactor	12
Ventiladores	1.60
Fuente de alimentación	0.40
<b>Consumo Total</b>	<b>14.00</b>

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a la *Tabla 4-16* se puede observar que la etapa de actuación conformada por el calefactor y los ventiladores es la que más consumo de energía requiere. Con los datos obtenidos se procede a calcular el consumo eléctrico en kWh mediante la siguiente fórmula:

$$W = A * V * fp$$

Donde:

- W: Potencia.
- A: Amperios.
- V: Voltaje.
- fp: Factor de potencia.

Para esta caso se asume que el factor de potencia es 1, el cual es un valor para un dispositivo típico, de esta manera en la *Tabla 4-18* se presenta el consumo eléctrico para cada uno de los elementos mencionados anteriormente para de esta manera obtener el consumo total del Dehydrator LC-01, esto poniendo en funcionamiento el prototipo durante 12 horas, para el cálculo

se utilizó la ecuación (1), además se considera que el precio por kWh en Ecuador se encuentra en un valor promedio de 10 centavos por kWh tanto en el sector residencial como comercial (Ministerio de Energía y Minas 2023).

**Tabla 4-18:** Consumo total del Dehydrator LC-01.

Parámetros	Calfactor	Ventiladores	Fuente de alimentación
Watts (W)	1320	176	44
Tiempo encendido (Horas)	12	12	12
Total consumo (kWh)	15.84	2.11	0.53
Consumo total del dispositivo (kWh)		18.48	

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

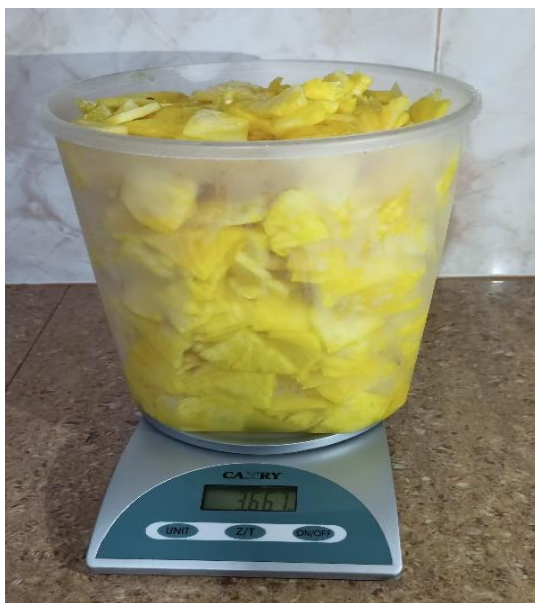
En base a los resultados de la *Tabla 4-18* se obtiene que el consumo que tendría el dispositivo al estar en funcionamiento durante 12 horas es de 18.48 kWh, lo cual en términos económicos se traduce en \$1.85 dólares estadounidenses, de esta manera el consumo del Dehydrator LC-01 es de 0.15 centavos por hora de funcionamiento.

#### **4.10 Prueba de deshidratado de frutas**

El objetivo de esta prueba es comprobar el correcto funcionamiento del Dehydrator LC-01. Para esta prueba se seleccionaron 4 frutas de las disponibles en la base de datos las cuales son: piña, manzana, banano, fresa y uvilla. Se realizará todo el proceso de preparación de la fruta antes del deshidratado para luego poner en marcha el prototipo.

##### **4.10.1 Antes del deshidratado**

Para este proceso se pelaron y se cortaron en trozos las diferentes frutas para luego pesarlas y así tener una referencia de la capacidad máxima del Dehydrator LC-01 para cada una de las frutas seleccionadas para esta prueba. El peso se tomará también como referencia para obtener un aproximado del agua eliminada después del proceso de deshidratado. En la *Ilustración 4-6* se puede observar el proceso de pesaje, para realizar este proceso se utilizó una balanza de la marca CAMRY modelo EK3252. En el Anexo Q se muestran los pesos de las diferentes frutas antes de deshidratar.



**Ilustración 4-6:** Fruta fresca antes de deshidratar.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

#### **4.10.2 Después del deshidratado**

Una vez terminado el proceso se procede a retirar la fruta de cada una de las bandejas para poder pesar la fruta ya deshidratada y así obtener un valor aproximado de la cantidad de agua eliminada en el proceso. En la *Ilustración 4-7* se muestra una bandeja con la fruta deshidratada, lista para ser retirada y pesada.



**Ilustración 4-7:** Bandeja con la fruta deshidratada

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En la *Tabla 4-19* se pueden observar los diferentes pesos de cada una de las frutas antes y después del proceso de deshidratado, además del peso aproximado de agua que ha sido eliminado durante el proceso de deshidratación de la fruta.

**Tabla 4-19:** Pesos obtenidos de la fruta fresca y deshidratada.

Fruta	Peso antes de deshidratar (g)	Peso después de deshidratar (g)	Peso eliminado durante el proceso (g)
Piña	3545.00	493.00	3052.00
Manzana	1802.00	226.00	1576.00
Banano	2310.00	609.00	1701.00
Fresa	1728.00	129.00	1599.00
Uvilla	2078.00	388.00	1690.00

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

#### 4.10.3 Actividad de agua

El objetivo de esta prueba es determinar la actividad de agua presente en las frutas deshidratadas por el Dehydrator LC-01, para lo cual se utilizó el equipo AQUALAB 4TE, el cual se presenta en la *Ilustración 4-8*, las especificaciones técnicas del equipo se encuentran en el Anexo R. Para realizar la medición se colocó muestras de las diferentes frutas deshidratadas en los porta muestras de medidor y se esperó 5 minutos para tomar la lectura, que es el tiempo recomendado por el fabricante. Las evidencias de las mediciones se encuentran en el Anexo S.



**Ilustración 4-8:** Equipo AQUALAB 4TE.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024



Es importante mencionar que la actividad de agua ( $a_w$ ) es una propiedad termodinámica que se utiliza en el ámbito de la ciencia y tecnología de alimentos, es así que este valor va a depender de varios aspectos tales como la composición, la temperatura y el agua contenida en el producto. Es importante tener en cuenta que para productos deshidratados existe un rango de actividad de agua que se debe respetar para de esta manera evitar la actividad de microorganismos, es así que el rango que debe respetarse es  $0.4 < a_w < 0.6$ , de esta manera se entiende que cualquier valor superior a 0.4 y menor a 0.6 estará dentro de la condición establecida para alimentos deshidratados (Soledad Tapia, 2020).

En la *Tabla 4-20* se muestran los datos de actividad de agua en las frutas deshidratadas producidas por el Dehydrator LC-01, estos datos se obtuvieron tomando en cuentas las consideraciones establecidas por el fabricante del dispositivo anteriormente mencionado.

**Tabla 4-20:** Resultados mediciones de actividad de agua.

Fruta	Actividad de agua ( $a_w$ )	Temperatura (°C)
Manzana	0,4385	24,23
Banano	0,4783	22,53
Piña	0,4322	23,85
Fresa	0,3997	24,80
Uvilla entera	0,5835	21,96
Uvilla trozos	0,4519	23,30

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a los resultados presentados en la *Tabla 4-20* se puede determinar que la actividad de agua en todas las muestras se encuentra en el rango establecido de  $0.4 < a_w < 0.6$  para alimentos deshidratados, esto tomando en cuenta que el equipo utilizado tiene un error de medición de  $\pm 0.003 a_w$ . Siendo así el valor más alto el de la uvilla entera con  $0.5835 a_w$  y el menor el de la fresa con  $0.3997 a_w$ .

#### 4.11 Prueba de funcionamiento y usabilidad

El objetivo de la prueba es comprobar el buen funcionamiento y la facilidad de uso del Dehydrator LC-01 en la producción de fruta deshidratada. Esta prueba fue realizada una vez terminadas las pruebas detalladas anteriormente. Lo que se busca es obtener una opinión de diferentes personas sobre el funcionamiento del prototipo. Para este proceso se realizó una encuesta mediante la plataforma Google Forms, constando esta de 8 preguntas cerradas, las mismas que tendrán opciones según la escala de Likert la cual se muestra en la *Tabla 4-21*.

**Tabla 4-21:** Escala de Likert.

Respuesta	Puntaje
Muy malo	1
Malo	2
Aceptable	3
Bueno	4
Muy bueno	5

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

La encuesta se realizó a 25 personas con conocimientos en el área alimenticia, es así que se contó con la valoración de varios licenciados en gastronomía, además de la opinión de estudiantes del PAO 7 de la Carrera de Gastronomía de la ESPOCH, de esta manera en la *Tabla 4-22* se presenta la tabulación de la encuesta realizada. Para tener una información más detallada de la encuesta realizada diríjase al Anexo T.

**Tabla 4-22:** Tabulación de la encuesta realizada por medio de Google Forms.

Número de pregunta	Total	Promedio
Pregunta 1	114	4.56
Pregunta 2	116	4.64
Pregunta 3	104	4.16
Pregunta 4	114	4.56
Pregunta 5	114	4.56
Pregunta 6	116	4.64
Pregunta 7	111	4.44
Pregunta 8	113	4.52
<b>Calificación final</b>		<b>4.51</b>

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a los resultados obtenidos de la *Tabla 4-22* se puede ver que la calificación final obtenida de las 25 encuestas realizadas es de 4.51, lo cual referenciando la escala de Likert indica que el prototipo a nivel de funcionamiento y usabilidad se encuentra en el rango de “bueno” y “muy bueno”, de esta manera se puede decir que el dispositivo cumple con los requerimientos planteados, es fácil de usar y la información brindada tanto por la pantalla HMI como por la aplicación móvil es la adecuada.

Para esta prueba también se contó con la ayuda del Ing. Andrés Gallegos, administrador de la Granja Integral Lolita Elena ubicada en el cantón Penipe de la provincia de Chimborazo, de esta manera se busca conocer el punto de vista de un pequeño productor de la zona sobre el funcionamiento y funcionalidad del Dehydrator LC-01, en la *Ilustración 4-9* se aprecia al Ing. Andrés Gallegos utilizando el prototipo.



**Ilustración 4-9:** Validación del prototipo por el Ing. Andrés Gallegos.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

Es importante mencionar que la Granja Integral Lolita Elena facilitó peras para poder realizar su respectivo proceso de deshidratado, tal como se muestra en la *Ilustración 4-10*, con esta prueba el Ing. Andrés Gallegos pudo verificar el funcionamiento, usabilidad y manejo intuitivo del prototipo, para validar se adjunta el Anexo U, certificado emitido por el Ing. Andrés Gallegos administrador de la granja Integral Lolita Elena.



**Ilustración 4-10:** Deshidratación de fruta de la Granja Integral Lolita Elena.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

#### **4.12 Prueba de aceptabilidad y calidad de la fruta deshidratada**

El objetivo de esta prueba es determinar el grado de aceptabilidad y la calidad de la fruta deshidratada producida por el Dehydrator LC-01, para de esta manera saber si el producto puede ser competitivo a nivel comercial.

Es importante mencionar que cuando se trata de evaluar la calidad de un producto se debe tener en cuenta el punto de vista del consumidor, de esta manera el análisis sensorial es primordial para este tipo de pruebas ya que va a determinar si el producto es de calidad o no, es así que dentro de las pruebas sensoriales se pueden encontrar las afectivas y descriptivas (Surco & Alvarado, 2011).

**Pruebas afectivas.** – Los productos son valorados por un experto mediante una descripción organoléptica que puede contener parámetros de evaluación como: color, sabor, aroma y textura (Surco & Alvarado, 2011).

**Pruebas descriptivas.** – En esta prueba el experto emite su opinión subjetiva sobre el producto y menciona si el mismo es de su agrado o no, además de mencionar si se deberían realizar algunos cambios para mejorar la calidad del producto (Barda, 2006).

##### **4.12.1 Prueba afectiva**

Para esta prueba se realizó un test a 3 expertos que calificarán y compararán el producto producido por el Dehydrator LC-01 con dos productos comerciales. De esta manera los productos presentados fueron: manzana, banano, piña y fresa. Además, se incluyó una prueba de degustación de uvilla la cual no será comparada con ningún producto comercial debido a que no es común encontrar esta fruta deshidratada comercialmente. Para el análisis afectivo se utilizó la escala de Likert mencionada anteriormente, en la cual se indica que 1 es “muy malo” y 5 “muy bueno”.

Para realizar la prueba primero se etiquetó cada uno de los envases que contenían las frutas como se puede apreciar en la *Ilustración 4-11*, de esta manera los envases etiquetados con la letra “A” son los producidos por el Dehydrator LC-01, mientras que los etiquetados con las letras “B” y “C” son productos adquiridos en un supermercado.



**Ilustración 4-11:** Productos etiquetados para la prueba de degustación.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

Una vez etiquetados los 3 expertos procedieron a degustar el producto, es importante mencionar que las pruebas se realizaron en dos días ya que dos de los evaluadores realizaron la prueba al mismo tiempo y el tercer evaluador lo realizó al día siguiente, de esta manera se tiene que el evaluador 1 es la Lic. Inés Marín, evaluador 2 el Lic. Francisco Chalen, los cuales son docentes de la ESPOCH de la Carrera de Gastronomía y el evaluador 3 el Lic. Marco Santos, administrador de la pizzería LUCA, en la *Ilustración 4-12* se puede apreciar a los evaluadores degustando y calificando las propiedades organolépticas de cada una de las frutas presentadas.



a)



b)

**Ilustración 4-12:** a) Evaluador 1 y 2 degustando. b) Evaluador 3 degustando.

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

De la degustación realizada por los 3 evaluadores se tiene la *Tabla 4-23* donde se muestra un resumen del puntaje promedio obtenido de cada una de las frutas a partir de las puntuaciones otorgadas en lo que respecta a color, sabor, aroma y textura. Para más información sobre la calificación individual de cada uno de los evaluadores diríjase al Anexo V.

**Tabla 4-23:** Calificaciones promedio emitidas por cada uno de los evaluadores.

Fruta	Evaluadores	Calificación promedio		
		Producto A	Producto B	Producto C
Manzana	Evaluador 1	1.5	3	3
	Evaluador 2	1.25	3	3
	Evaluador 3	3.75	3.5	4.25
	<b>Promedio</b>	2.16	3.16	3.42
Banano	Evaluador 1	4.25	1	2.75
	Evaluador 2	4	2	2.75
	Evaluador 3	4	3	3
	<b>Promedio</b>	4.08	2	2.83
Piña	Evaluador 1	4	2.25	1.25
	Evaluador 2	5	3	2.5
	Evaluador 3	5	4.25	3.75
	<b>Promedio</b>	4.67	3.17	2.5
Fresa	Evaluador 1	4.5	2.75	1.5
	Evaluador 2	4.75	2.75	1.5
	Evaluador 3	4.25	4	3.75
	<b>Promedio</b>	4.5	3.16	2.25

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a la *Tabla 4-23*, se puede observar que los resultados promedios de los tres evaluadores dan como ganador al producto “A” en 3 de las 4 frutas presentadas, obteniendo así que para la manzana se obtuvo un puntaje promedio de aceptabilidad de 2.16, siendo esta la peor de la comparativa, en este caso se recomendó utilizar otro tipo de manzana para de esta manera obtener un producto de mejor calidad, por otra parte el banano, la piña y la fresa obtuvieron los siguientes puntajes promedios de aceptabilidad: 4.08, 4.67 y 4.5, respectivamente, siendo estos tres productos superiores a los que se encuentran en el mercado en lo que respecta a color, sabor, aroma y textura. Para validar esta prueba se presenta el Anexo W, certificado emitido por el Chef Marco Santos administrador del restaurante LUCA.

#### 4.12.2 Prueba descriptiva

Una vez realizada la prueba de degustación se procede a determinar la calidad de la fruta deshidratada producida por el Dehydrator LC-01, la cual deberá ser emitida por los evaluadores utilizando la escala que posee las calificaciones de: “Excelente, bueno, regular y malo”. Esta prueba descriptiva se dará a partir del criterio profesional de los evaluadores. Es así que en la *Tabla 4-24* se presenta la calificación emitida para los productos presentados, haciendo una valoración general de todas las frutas deshidratadas.

**Tabla 4-24:** Valoración emitida por los evaluadores.

<b>Evaluador</b>	<b>Producto A</b>	<b>Producto B</b>	<b>Producto C</b>
Evaluador 1	Bueno	Malo	Regular
Evaluador 2	Excelente	Regular	Regular
Evaluador 3	Excelente	Regular	Malo

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a la *Tabla 4-24* se determina que las frutas deshidratadas producidas por el Dehydrator LC-01 son de una calidad “Excelente” esto debido a sus características organolépticas superiores a las de los productos comerciales presentados. Por otra parte, los expertos mencionaron que el producto cuenta con una apariencia bastante buena lo cual es un factor que muchos de los consumidores toman en cuenta al momento de comprar un producto.

#### 4.13 Análisis económico del Dehydrator LC-01

En la *Tabla 4-25* se muestran los costos totales que se requieren para la implementación del Dehydrator LC-01, como tal se presentan la cantidad de los componentes utilizados, su costo unitario y costo total. Es importante mencionar que los precios presentados corresponden a los de Ecuador.

**Tabla 4-25:** Análisis económico para la construcción del Dehydrator LC-01.

<b>Cantidad</b>	<b>Componente</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
1	ESP-32 Node MCU	\$11.50	\$11.50
1	Sensor FS200-SHT10	\$27.46	\$27.46
1	Calefactor PTC	\$40.00	\$40.00
2	Ventilador axial SP6020-503	\$30.00	\$60.00
1	Nextion NX8048P070-011C	\$152.50	\$152.50
1	Modulo relé 4 canales	\$7.99	\$7.99
1	Relé de estado sólido SSR-40-DA	\$10.00	\$10.00
1	Fuente de alimentación S-25-5	\$10.00	\$10.00
1	Estructura en acero inoxidable 304	\$350.00	\$350.00
1	Estructura de elementos hardware	\$45.00	\$45.00
1	Placa PCB	\$8.00	\$8.00
1	Elementos varios	\$40.00	\$40.00
<b>Costo total (USD)</b>			<b>\$762.45</b>

**Realizado por:** Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

En base a la Tabla 4-25 se determina que el costo total para la construcción del Dehydrator LC-01 es de 762.45 dólares estadounidenses (USD). Con este valor obtenido se puede realizar una tabla que permita realizar un análisis costo-beneficio, para esto se va a comparar el prototipo construido con un equipo comercial deshidratador de alimentos de la marca Yooyist, el cual posee características similares al prototipo implementado. En la Tabla 4-26 se presenta la comparación realizada.



**Tabla 4-26:** Comparativa entre el Dehydrator LC-01 y el deshidratador Yooyist.

Características	Dehydrator LC-01	Deshidratador Yooyist
<b>Proceso de deshidratación</b>	Mediante circulación de aire caliente	Mediante circulación de aire caliente
<b>Parámetros monitoreados</b>	Temperatura, humedad, tiempo	Temperatura, tiempo
<b>Control de temperatura</b>	Si	Si
<b>Máxima temperatura programable</b>	110 °C	90 °C
<b>Control de tiempo</b>	Si	Si
<b>Máximo tiempo programable</b>	Dependiendo del requerimiento de cada fruta	15 horas
<b>Registro de usuarios</b>	Si	No
<b>Conexión inalámbrica</b>	Si	No
<b>Base de datos</b>	Si	No
<b>Pantalla HMI</b>	Si	No
<b>Aplicación móvil</b>	Si	No
<b>Material</b>	Acero inoxidable 304, vidrio templado	Acero inoxidable 304, vidrio templado
<b>Dimensiones cámara de deshidratado (cm)</b>	60x42x55	62x40x55
<b>Cantidad de bandejas</b>	16 bandejas	16 bandejas
<b>Dimensiones de las bandejas (cm)</b>	40x40	38x38
<b>Costo</b>	\$762.45	\$699.99

Realizado por: Edison Lirio, Mateo Calderón, 2024

De la comparativa presentada en la *Tabla 4-26* se puede apreciar que el dispositivo comercial presenta varias desventajas en lo que a características se refiere con respecto al Dehydrator LC-01. Por otra parte, se observa una diferencia de precios siendo el prototipo presentado un 8.19% más caro con respecto al comercial. Esta diferencia de precio es bastante mínima al tomar en cuenta que el dispositivo posee características superiores, lo cual convierte al Dehydrator LC-01 en un equipo enfocado a usuarios más exigentes, ya que entre sus principales beneficios se puede encontrar la pantalla HMI la cual permite interactuar con el prototipo de mejor manera, además cuenta con una aplicación móvil que permitirá el monitoreo remoto del proceso, un aspecto importante en el que destaca el Dehydrator LC-01 es el máximo tiempo programable el cuál será ajustado por el usuario sin ninguna limitación ajustándose a sus necesidades. Por otra parte, el mantener una base de datos permitirá el usuario utilizar los parámetros predefinidos o a su vez ingresar sus propios parámetros para obtener un producto de calidad, otro aspecto a tener en cuenta es que en caso de desconexión eléctrica se podrá recuperar el proceso donde se quedó si el usuario así lo desea.

## CONCLUSIONES

- Se ha diseñado y construido un prototipo electrónico deshidratador de frutos para pequeños productores, el cual posee un control PID para mantener una temperatura estable durante todo el proceso. Ofrece la opción de deshidratar frutas ya predefinidas o añadir nuevas frutas con sus propios parámetros de tiempo y temperatura, gracias a su conexión con una base de datos. Además, posee una interfaz HMI y una aplicación móvil que permiten la visualización del tiempo restante del proceso, temperatura y humedad en tiempo real.
- De la prueba de validación del sensor de temperatura se obtiene como resultado que el error relativo porcentual máximo de los datos obtenidos de las mediciones es de 4.46%, este valor es menor al 5%, lo cual indica que los resultados obtenidos de los resultados experimentales son “buenos”. Por otra parte, el error absoluto máximo obtenido en la prueba es de 1°C siendo este resultado menor al error absoluto esperado que era de 1.5°C, lo cual indica que el Dehydrator LC-01 no agrega errores adicionales al sensor.
- De la prueba de validación del sensor de humedad relativa se obtiene que el error relativo máximo que es de 4.08 %, con esto se establece que el criterio de calidad de los datos experimentales se encuentra en el rango de mayor a 1 % y menor a 5 % que da como resultado que los datos obtenidos mediante las pruebas son “buenos”. Por otra parte, el error absoluto máximo no supera el 8 % de humedad esperado, con lo cual se determina que el Dehydrator LC-01 no agrega errores adicionales a los del sensor.
- En base a la prueba de estabilidad del sensor se obtiene el coeficiente de variación del sensor con valores de 0.41% para la variable de temperatura y de 0.77% para la variable de humedad relativa. Al comparar estos valores con el criterio de aceptación o rechazo del coeficiente de variación se tiene que el sensor FS200-SHT10 es preciso y tiene poca variabilidad.
- La prueba de integridad de la información enviada evidencia que el Dehydrator LC-01 cuenta con una exactitud del 100% en lo que respecta a los datos enviados y recibidos en las diferentes etapas de este, partiendo desde la lectura de las variables de temperatura y humedad, hasta el envío de estas a la base de datos, HMI y aplicación móvil.

- La prueba de ingreso de nuevas frutas a la base de datos determina que el ingreso de nuevas frutas funciona correctamente, ya que el error absoluto para los dos usuarios fue de 0, lo cual indica que la información enviada es almacenada correctamente en la base de datos.
- Respecto a las pruebas de lectura desde la base de datos se establece que el horario de las 9:00AM es el más aceptable para realizar una lectura desde la base de datos ya que su media no presenta una gran diferencia con el horario de la 1:00PM, que posee el promedio de tiempo más rápido (0.93 segundos), ni con la media del horario de las 5:00PM, que posee el promedio de tiempo más lento (1.53 segundos). Mientras que, con la prueba de escritura hacia la base de datos se establece que el horario con un menor tiempo de escritura es el de la 1:00PM con un promedio de 0.97 segundos, seguido del horario de las 5:00PM con 1.06 segundos y, por último, el horario de las 9:00AM con 1.20 segundos.
- Después de las pruebas, el tiempo más alto obtenido para alcanzar el setpoint es de 18'20'', es así como se utilizó este dato en la programación para darle el tiempo requerido al equipo para alcanzar la temperatura establecida por el usuario.
- A partir de la prueba de estabilidad del control PID se determinó que el máximo error relativo es de 1.23% lo que indica que los resultados son “buenos” y que las variaciones máximas de temperatura son de +0.7°C y de -0.4°C
- En cuanto al consumo energético, se tiene que el dispositivo, en un periodo de funcionamiento de 12 horas, consume 18.48kWh, lo cual en términos económicos se traduce en 0.15 centavos por hora de funcionamiento.
- La prueba de actividad de agua demostró que las muestras se encuentran en el rango establecido de  $0.4 < a_W < 0.6$  para alimentos deshidratados, esto tomando en cuenta que el equipo utilizado tiene un error de medición de  $\pm 0.003 a_W$ . Siendo así el valor más alto el de la uvilla entera con 0.5835  $a_W$  y el menor el de la fresa con 0.3997  $a_W$ .
- Tras realizar una encuesta en la escala de Likert a 25 personas para la prueba de funcionamiento y usabilidad, se obtuvo que el prototipo tiene una calificación de 4.51, el cual se encuentra en el rango de “bueno” y “muy bueno”, de esta manera se dice que el dispositivo

cumple con los requerimientos planteados, es fácil de usar y la información brindada tanto por la pantalla HMI como por la aplicación móvil es la adecuada.

- Mediante la prueba afectiva los tres evaluadores dieron como ganador al producto “A” en 3 de las 4 frutas presentadas, obteniendo así que para la manzana se obtuvo un puntaje promedio de aceptabilidad de 2.16, siendo esta la peor de la comparativa, por otra parte, el banano, la piña y la fresa obtuvieron los siguientes puntajes promedios de aceptabilidad: 4.08, 4.67 y 4.5, respectivamente, siendo estos tres productos superiores a los que se encuentran en el mercado.
- En la prueba descriptiva realizada por los tres evaluadores determinaron que las frutas deshidratadas por el Dehydrator LC-01 son de una calidad “Excelente” esto debido a sus características organolépticas superiores a las de los productos comerciales presentados.
- El análisis económico demuestra que el diseño y desarrollo del prototipo es 8.19% más caro frente a un deshidratador comercial, diferencia que resulta ser mínima teniendo en cuenta que se presentan ventajas como: el control de temperatura mediante PID, una pantalla HMI la cual permite interactuar con el prototipo de mejor manera, una aplicación móvil que permitirá el monitoreo remoto del proceso, la integración de una base de datos que permite añadir frutas, además de las ya predeterminadas, según las necesidades del usuario y la incorporación de un sistema que permite continuar con el proceso en caso de desconexión eléctrica.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere ampliar el tiempo para la realización de pruebas del prototipo, esto con la finalidad de encontrar mejoras al diseño estructural y mejoras al hardware y software del dispositivo presentado.
- Analizar la posibilidad de industrializar el prototipo, para de esta manera ampliar la capacidad de procesamiento y mejorar el diseño propuesto en este Trabajo de Integración Curricular.
- Desarrollar una placa integrada propia del dispositivo que permita procesar la información de manera eficaz y eficiente, para de esta manera no depender de placas de desarrollo comerciales.
- Se recomienda estudiar la posibilidad de emigrar el diseño propuesto para la producción de equipos de mayor capacidad de producción para que este tipo de dispositivos se puedan enfocar a medianos y grandes productores.
- Se sugiere estudiar el desarrollo de un dispositivo que cuente con varias cámaras de deshidratado, el cual permita realizar la deshidratación de varias frutas al mismo tiempo teniendo en cuenta el monitoreo en tiempo real de cada una de las cámaras de deshidratado de manera independiente tanto en la pantalla HMI y aplicación móvil.
- Integrar un sistema de Inteligencia Artificial (AI) al prototipo, que facilite el uso de la interfaz y permita integrar nuevas funciones como un análisis de la calidad de las frutas producidas por el dispositivo

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ACEROFORM.** *¿Qué es el acrílico?* [en línea]. 2023. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.acerofom.com.mx/blog/acrilico/>
2. **ACOSTA MORENO, Christian Paul.** *Sistema de deshidratación de frutas empleando un horno solar y monitoreo mediante tecnología IOT* [en línea]. (Trabajo de Titulación). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2023. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38341/1/t2206ec.pdf>
3. **AMAZON. (-a).** *COLZER Deshidratador de alimentos para Jerky 12 bandejas de acero inoxidable* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.amazon.com/-/es/dp/B08G1DHBP6?ref=emc\\_s\\_m\\_5\\_i\\_n](https://www.amazon.com/-/es/dp/B08G1DHBP6?ref=emc_s_m_5_i_n)
4. **AMAZON. (-b).** *COLZER Máquina deshidratadora comercial de alimentos con 16 bandejas* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Deshidratador-deshidratadores-comerciales-temporizador-temperatura/dp/B0B3JGWY5H?th=1>
5. **AMAZON. (-c).** *Interruptor basculante KCD4* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Interruptor-basculante-posiciones-interruptor-impermeable/dp/B099J51RHR>
6. **ANDRADE PIJUANGO, Jefferson Esteban.** *Estudio de la herramienta de desarrollo móvil xamarin, mediante la creación de un aplicativo multiplataforma para orientación e información turística del cantón Cotacachi* [en línea]. 2019. (Trabajo de Grado). Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9656/2/04%20ISC%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
7. **AV ELECTRONICS.** *Módulo Relé 4 Canales* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/modulo-rele-4-canales/>
8. **BANZI, Massimo y SHILOH, Michael.** *Getting started with Arduino*. Maker Media, Inc, 2022. ISBN 9781449363338.
9. **BERTOLETI, Pedro.** *Proyectos con ESP32 y LoRa* [en línea]. Editora NCB, 2019. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=Doi0DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

10. **BRUNETE, Alberto, SAN SEGUNDO, Pablo y HERRERO, Rebeca.** *Sensores industriales* [en línea]. 2020. [consultado 17 noviembre 2023]. Disponible en: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/sensores-industriales.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sensores-industriales.html)
11. **CABASCANGO, Omar.** *MANUAL DE DESHIDRATACIÓN Fruta deshidratada, el mejor snack para una mejor alimentación* [en línea]. 2018. Ibarra. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ppd-ecuador.org/wp-content/uploads/2019/FondoBecas/SierraNorte/UTN-Omar-Uso-Deshidratador-solar-vf.pdf>
12. **CABRERA ESCOBAR, J O.** *Dehydration of Fruits in Guano Canton* [en línea]. Revista Científica Agropecuaria. Vol. 1, pp. 40–42, 2021. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/361105631\\_DESHIDRATACION\\_DE\\_FRUTAS\\_EN\\_EL\\_CANTON\\_GUANO](https://www.researchgate.net/publication/361105631_DESHIDRATACION_DE_FRUTAS_EN_EL_CANTON_GUANO)
13. **CAJAMARCA CARRAZCO, Diego Iván et al.** *Sostenibilidad medio ambiental en el procesamiento de frutas deshidratadas ecuatorianas* [en línea]. Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación. Vol. 4, núm. 35, pp. 1–15, 2020. DOI 10.29018/issn.2588-1000vol4iss35.2020pp1-15.
14. **CAMARGO, Ismael, GORDON, Román y QUIRÓS, Evelyn.** *La repetitividad como estimador de la precisión experimental en el análisis de experimentos* [En Línea]. Agronomía Mesoamericana. Vol. 28, núm. 1, p. 159, 2016. DOI 10.15517/am.v28i1.24239.
15. **CASTILLO.** *Estadística Módulo* [en línea]. 2009. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <http://www.alejandrogonzalez.com.ar/archivos/librodecalidad-estadisticaaplicada.pdf>
16. **CENACE.** *Informe Anual 2022* [En Línea]. 2022. Disponible en: <https://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/04/Parte-1-Informe-Anual-2022.pdf>
17. **CODEX ALIMENTARIUS.** *Norma del codex para los albaricoques secos* [En Línea]. 2019. Disponible en: [https://www.fao.org/input/download/standards/254/CXS\\_130s.pdf](https://www.fao.org/input/download/standards/254/CXS_130s.pdf)
18. **COMUNIDAD ANDINA.** *Reglamento Técnico para Frutas y sus productos* [en línea]. 2013. Disponible en: <http://extranet.comunidadandina.org/sirt/sirtDocumentos/COOTCR14005.pdf>
19. **CONASI.** *Cómo deshidratar frutas y verduras* [en línea]. 2023. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.conasi.eu/blog/productos/como-deshidratar-frutas/#Conservacion\\_de\\_frutas\\_y\\_verduras\\_deshidratadas](https://www.conasi.eu/blog/productos/como-deshidratar-frutas/#Conservacion_de_frutas_y_verduras_deshidratadas)

20. **CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN.** *Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025* [en línea]. 2021. [consultado 28 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.iste.edu.ec/wp-content/uploads/2022/08/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2021-2025.pdf>
21. **DEL AMO, Eva.** *¿Qué es un calefactor? Tipos, Ventajas y desventajas* [en línea]. 2023. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://e-ficiencia.com/calefactor-electrico-todo-lo-que-debes-saber/>
22. **DOMÍNGUEZ GROS, Ferran y SOLÉ CASALS, Jordi,** 2019. *Introducción a los sensores* [en línea]. Barcelona: Oberta UOC Publishing, SL. Disponible en: [https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/147368/3/InstrumentacionElectronica\\_Modulo4\\_IntroduccionALosSensores.pdf](https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/147368/3/InstrumentacionElectronica_Modulo4_IntroduccionALosSensores.pdf)
23. **ECOAGRICULTOR.** *Fruta deshidratada, propiedades nutricionales y beneficios para la salud* [en línea]. 2023. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ecoagricultor.com/fruta-deshidrata-propiedades-beneficios/>
24. **EL UNIVERSO.** *John Preissing, representante de FAO: 45% de la fruta producida se pierde en Ecuador* [en línea]. 2019. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/07/03/nota/7407972/john-preissing-representante-fao-45-fruta-producida-se-pierde/#:~:text=Informes-,John%20Preissing%2C%20representante%20de%20FAO%3A%2045%25%20de%20la%20fruta,va%20a%20la%20basura%2C%20dice.>
25. **ELECTROGARLINE.** *Deshidratador de alimentos 16 bandejas Dakota* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.electrogarline.com/industrias-y-oficinas/gastronomia-hoteleria/deshidratadores/deshidratador-de-alimentos-16-bandejas-dakota.html>
26. **EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A.** *Interrupciones Programadas* [en línea]. 2022. [consultado 9 noviembre 2023]. Disponible en: <http://www.eersa.com.ec/site/noticias-3/>
27. **EXHIBIR.** *Ventiladores centrífugos alabes, presión y aplicaciones* [en línea]. 2023. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://exhibirequipo.com/ventiladores-centrifugos-alabes-presion-aplicaciones/>
28. **FINGLAI ELECTRIC.** *S-25-5-fuente de alimentación conmutada de un solo grupo* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/32714435593.html>
29. **FIREBASE.** *Documentación de Firebase: Información básica* [en línea]. 2022. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/guides?hl=es-419>



30. **FLORES GARCÍA, E et al.** *Control en cascada en la automatización del proceso de elaboración de pegamento implementando un PAC System RX3i y una HMI* [en línea]. Vol. 7, p. 11., 2021. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/investigium/issue/archive>
31. **FRANCO MARTÍNEZ, Edgardo Adrián.** *Tipos de sensores* [en línea]. 2022. Disponible en: <https://www.eafranco.com>
32. **GARAY, Vicente Gómez.** *Acciones Básicas de Control* [en línea]. 2018. [consultado 17 febrero 2024]. Disponible en: <https://docplayer.es/1228240-Tema-no-10-acciones-basicas-de-control-vicente-gomez-garay-dpto-de-ingenieria-de-sistemas-y-automatica.html>
33. **GARDEAZABAL, Luis, GARAY-VITORIA, Néstor y ABASCAL, Julio.** *Emulación de teclado y ratón por medio de pantallas táctiles* [en línea]. 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/258696351\\_Emulacion\\_de\\_teclado\\_y\\_ratón\\_por\\_medio\\_de\\_pantallas\\_tactiles](https://www.researchgate.net/publication/258696351_Emulacion_de_teclado_y_ratón_por_medio_de_pantallas_tactiles)
34. **GARNICA, Hercilia.** *Frutas deshidratadas: concentración de nutrientes y calorías* [en línea]. 2017. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://holadoctor.com/es/álbum-de-fotos/frutas-deshidratadas-concentración-de-nutrientes-y-calorías>
35. **GONZÁLEZ PEREZ, M. A.** *Redes locales (Nivel básico)* [en línea]. 2012. Ecoe Ediciones. [consultado 11 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/228511?page=72>
36. **GUTIERREZ, R.** *Programa Acción Nutrición – Secretaría Técnica Ecuador Crece Sin Desnutrición Infantil* [en línea]. 2022. [consultado 28 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.infancia.gob.ec/programa-accion-nutricion/>
37. **HERNÁNDEZ GAVIÑO, Ricardo.** *Introducción a los sistemas de control: conceptos, aplicaciones y simulación con Matlab*. 2010. Prentice Hall. ISBN 9786074428421.
38. **HYDROENVINROMENT.** *¿Cómo seleccionar un calefactor para tu invernadero?* [en línea]. 2022. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=391](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=391)
39. **INELMATIC.** *Diferencias entre las tecnologías capacitivas proyectadas y resistivas* [en línea]. 2022. [consultado 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.inelmatic.com/ES/blog/noticias-1/post/pantallas-tactiles-capacitivas-y-resistivas-18>

40. **INEN.** *NTE INEN 2996:2015* [en línea]. 2023. [consultado 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec>
41. **INNECCO, Daniela.** *Fruta deshidratada* [en línea]. 2017. [consultado 28 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.esalud.com/fruta-deshidratada/>
42. **JIMENEZ QUISPE, Raul.** *Automatización para deshidratador de alimentos* [en línea]. (Proyecto de Grado). El Alto: Universidad Pública del Alto. 2020. Disponible en: <https://repositorio.upea.bo/jspui/bitstream/123456789/90/1/PDG-%20RAUL%20JIMENEZ%20QUISPE.pdf>
43. **JIMÉNEZ SAIZ, Juan Ángel.** *Diseño y realización de un equipo de deshidratación de alimentos mediante energía solar para aplicación a países en desarrollo* [en línea]. (Tesis Doctoral). Valencia: Universitat Politècnica de València. 2017. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/90402#>
44. **KLARSTEIN.** *Deshidratadores de alimentos* [en línea]. 2023. [consultado 28 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.klarstein.es/Electrodomesticos-de-cocina/Deshidratadores-de-alimentos/>
45. **LA REAL.** *Los beneficios que quizás desconocías de la fruta deshidratada* [en línea]. 2020. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.aperitivoslareal.com/los-beneficios-que-quizas-desconocias-de-la-fruta-deshidratada/>
46. **LA VANGUARDIA.** *Comparativa deshidratador de alimentos 2023: las mejores opciones del mercado* [en línea]. 2022. [consultado 28 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/comprar/comparativas/comparativa-mejores-deshidratadores-de-alimentos/>
47. **LAZCANO CALIXTO, Ricardo Neftali et al.** *React Native: acortando las distancias entre desarrollo y diseño móvil multiplataforma*. Revista Digital Universitaria. Vol. 20, núm. 5., 2019. DOI 10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n5.a5.
48. **LIZÁRRAGA OSUNA, Kevin Antonio.** *Implementación de Flutter para el desarrollo de aplicaciones móviles nativas en iOS y Android* [en línea]. Mazatlán: Universidad Politécnica de Sinaloa. 2020. Disponible en: <http://repositorio.upsin.edu.mx/formatos/A031LIZARRAGAOSUNAKEVINANTONIO6608.pdf>

49. **LLUMIQUINGA, Paúl Alberto y SUQUILLO, Byron Santiago.** *Diseño y construcción de un prototipo de deshidratador de frutas de capacidad de 12 kg. con circulación de aire forzado utilizando resistencias eléctricas* [en línea]. (Trabajo de Titulación). Quito: Universidad Politécnica Salesiana. 2015. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8726/6/UPS-KT01075.pdf>
50. **LÓPEZ SEUBA, M.** *Internet de las cosas: la transformación digital de la sociedad* [en línea]. RA-MA Editorial. 2019. [consultado 11 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/222722?page=263>
51. **LÓPEZ ROLDÁN, Pedro y FACHELLI, Sandra.** *Metodología de la investigación social cuantitativa* [en línea]. 2016. [consultado 19 febrero 2024]. Recuperado a partir de: [https://ddd.uab.cat/pub/capli/2016/163568/metinvsoccua\\_cap3-8a2016.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/capli/2016/163568/metinvsoccua_cap3-8a2016.pdf)
52. **LOUIS, Leo.** *Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research.* International Journal of Control, Automation, Communication and Systems. Vol. 1, núm. 2, pp. 21–29, 2016. DOI 10.5121/ijcacs.2016.1203.
53. **MACHUCA GONZÁLEZ, Antonio José.** *Características y prestaciones de redes inalámbricas híbridas LiFi y WiFi* [en línea]. (Trabajo Fin de Grado). Sevilla: Universidad de Sevilla. 2022. Disponible en: [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/134674/TFG3956\\_Machuca\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/134674/TFG3956_Machuca_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
54. **MANZANO, Vicente.** *El tamaño de la muestra* [en línea]. 2013. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://asignatura.us.es/dadpsico/apuntes/TamMuestra.pdf>
55. **MARTÍNEZ, Lucy.** *Confiabilidad en la medición* [en línea]. 2013. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v2n6/v2n6a7.pdf>
56. **MARTÍNEZ, Alan,** 2023. *Ventiladores y su Clasificación* [en línea]. 2023. Disponible en: <http://www.slcgrpeceu.jln/gs-gs/>
57. **MAUPOEY, Pedro Fito. et al.** *Introducción al secado de alimentos por aire caliente.* Valencia: Universitat Politècnica de València. 2020. ISBN 9788497050258.
58. **MEDINA RUIZ, José Ignacio.** *Análisis del impacto en el sector frutícola ecuatoriano ante la salida del reino unido de la unión europea.* (Tesis). Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial. 2017. Disponible en: [https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18427/1/69313\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18427/1/69313_1.pdf)

59. **MEGAGLASS.** *Características del vidrio templado* [en línea]. 2023. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.megaglass.com.mx/blog/caracteristicas-vidrio-templado/>
60. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS.** *Costo de la tarifa eléctrica se mantiene para sectores residencial y comercial; industriales recibirán incentivos por autogeneración de energía* [en línea]. 2023. [consultado 17 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/costo-de-la-tarifa-electrica-se-mantiene-para-sectores-residencial-y-comercial-industriales-recibiran-incentivos-por-autogeneracion-de-energia/>
61. **MOLINA RÍOS, Jimmy Rolando et al.** *Estado del arte: metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles.* Tecnología Glosas de innovación aplicadas a la pyme. Vol. 10, núm. 2, pp. 17–45, 2021. DOI 10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38.17-45.
62. **MOLLOY, Derek.** *Raspberry Pi® a fondo para desarrolladores* [en línea]. Marcombo. 2019. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=8EtOEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
63. **MURILLO ARIAS, Cesar Augusto,** 2007. *Diseño de un deshidratador de convección para frutas y vegetales.* (Trabajo de Grado). Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. 2007. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/9a330dc6-ae3a-4762-9220-e565cdc1777c/content>
64. **NATIONAL PRESTO INDUSTRIES.** *Deshidratador de alimentos* [en línea]. 2020. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.gopresto.com/uploads/06301\\_S76\\_031F\\_US\\_Span.pdf](https://www.gopresto.com/uploads/06301_S76_031F_US_Span.pdf)
65. **NAYLAMP. (-a).** *NODEMCU-32 38-PIN ESP32 WIFI* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Recuperado a partir de: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/1011-nodemcu-32-38-pin-esp32-wifi.html>
66. **NAYLAMP. (-b).** *Fuente de alimentación conmutada AC/DC 100W 12V 8.5A* [en línea]. 2023. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/fuentes-switching-ac-dc/625-fuente-de-alimentacion-conmutada-acdc-100w-12v-8a-wode.html>
67. **NEXTION.** *NX8048P070-011C* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Recuperado a partir de: <https://nextion.tech/datasheets/nx8048p070-011c/>
68. **ORREGO, Carlos, SALGADO, Natalia y DIAZ, Mayra.** *Productividad y competitividad frutícola andina Producto 9. Estudio de mercado interno y externo de la fruta fresca y sus derivados* [en línea]. 2020. Recuperado a partir de: <https://www.fontagro.org/es/>

69. **PALMA CASTRO, Cristian y RODRÍGUEZ OSORIO, Stephanie**, 2011. *Development boards: Tools for Design* [en línea]. 2011. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj7mbDTuYiFAxV9toQIHxfC7QQFnoECBIOAQ&url=https%3A%2F%2Fdialognet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F8793398.pdf&usg=AOvVaw3Ec--E6mAmSUILuhdyKIdZ&opi=89978449>
70. **PAR GRAMAJO, Meylin Gabriela**. *Aplicación de los métodos de conservación de alimentos* [en línea]. Vol. 1. 2019. [consultado 19 febrero 2024]. Disponible en: <http://www.revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/riyc/article/view/1009>
71. **PARTS OF US**. *Appli Parts APFM-343 Motor Kit* [en línea]. 2022. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://partsofus.com/mx/appli-parts-motores-de-refrigeradores/15778-appli-parts-apfm-343-12-w-115-v-60-hz-022-a-3000-rpm-cw-rotation-evaporator-fan-motor-replacement-kit-343-with-brackets-includes.html>
72. **PATTON, Evan, TISSENBAUM, Michael y HARUNANI, Farzeen**. *MIT App Inventor: Objectives, Design, and Development*. En: *Computational Thinking Education*. SpringerOpen. 2019. ISBN 978-981-13-6527-0.
73. **PIWEN FRUTOS SECOS**. *Los beneficios de comer fruta deshidratada* [en línea]. 2021. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://blog.piwen.cl/recetasytips/post/los-beneficios-de-comer-fruta-deshidratada.html>
74. **QUISAGUANO COLLAGUAZO, Luis Rene et al**. *Desarrollo híbrido con flutter*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. Vol. 6, núm. 4, pp. 4594–4609, 2022. DOI 10.37811/cl\_rcm.v6i4.2959.
75. **RODRÍGUEZ, Consol**. *El deshidratador, un aliado imprescindible en la cocina* [en línea]. 2018. [consultado 11 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.cuerpomentec.com/alimentacion/nutricion/deshidratador-que-es-como-funciona\\_2406](https://www.cuerpomentec.com/alimentacion/nutricion/deshidratador-que-es-como-funciona_2406)
76. **RS ONLINE**. *Indicador LED APEM RS Online* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://es.rs-online.com/web/p/pilotos-e-indicadores/7864198>
77. **SALCEDO TOVAR, Marco Luis**. *Minicomputador educacional de bajo costo Raspberry Pi: Primera parte*. *REVISTA ETHOS VENEZOLANA* [en línea]. Vol. 7, núm. 1, pp. 28–45, 2015. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/RevistaEthosvenezolana/2015/vol7/no1/2.pdf>

78. **SANTO, Marisa et al.** *El proceso de medición: Análisis y comunicación de datos experimentales* [en línea]. 2005. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.unrc.edu.ar/unrc/digital/El\\_proceso\\_de\\_med.pdf](https://www.unrc.edu.ar/unrc/digital/El_proceso_de_med.pdf)
79. **SDI.** *¿Qué es un fusible? SDI* [en línea]. 2022. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://sdindustrial.com.mx/blog/fusibles/#¿Que-es-un-fusible>
80. **SENSIRION.** *Sensor de Humedad y Temperatura del Suelo FS200-SHT10* [en línea]. 2023. Disponible en: <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/S/SHT-10.PDF>
81. **SESÉ VEGA, Eduardo, LÓPEZ VICARIO, José y VILAJOSONA GUILLÉN, Xavi.** *Estudio de las vulnerabilidades de la tecnología Bluetooth* [en línea]. 2020. Recuperado de: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/106368/6/eduseseTFM0120memoria.pdf>
82. **SIGMA,** 2023. SSR-40DA. *Sigma* [en línea]. 2023. Recuperado a partir de: <https://www.sigmaelectronica.net/producto/ssr-40da/> [consultado 11 febrero 2024].
83. **SOLEDAD TAPIA, María.** *Contribución al concepto de actividad del agua (aw) y su aplicación en la ciencia y tecnología de alimentos en Latinoamérica y Venezuela* [en línea]. 2020. [consultado 18 febrero 2024]. Disponible en: <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2022/07/LXXX.N2.P18-40.2020.pdf>
84. **SOLER&PALAU.** *¿Qué es un ventilador? Características y clasificación* [en línea]. 2023. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-clasificacion-de-ventiladores/>
85. **STATISTA.** *Ranking de los principales países productores de fruta en América Latina en 2021* [en línea]. 2023. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/580269/volumen-de-produccion-frutas-america-latina-por-pais/#statisticContainer>
86. **SUWATCHAI.** *Firebase ESP32* [en línea]. 2023. [consultado 11 febrero 2024]. Disponible en: <https://github.com/mobizt/Firebase-ESP32>
87. **SWISSINFO.** *Ecuador se propone reducir la desnutrición crónica infantil al 23 %* [en línea]. 2021. [consultado 28 octubre 2023]. Disponible en: [https://www.swissinfo.ch/spa/ecuador-alimentaci%C3%B3n\\_ecuador-se-propone-reducir-la-desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-infantil-al-23--/47155334](https://www.swissinfo.ch/spa/ecuador-alimentaci%C3%B3n_ecuador-se-propone-reducir-la-desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-infantil-al-23--/47155334)

88. **TEMAS TECNOLÓGICOS.** *Conceptos Básicos de Redes Eléctricas – ¿Qué necesito saber?* [en línea]. 2023. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.temastecnologicos.com/redes-electricas/>
89. **TRIBEST.** *Tribest making healthy living easy* [en línea]. 2023. [consultado 28 octubre 2023]. Disponible en: [https://www.conasi.eu/19\\_tribest?page=1](https://www.conasi.eu/19_tribest?page=1)
90. **ULBRINOX.** *¿Qué son los aceros inoxidable?* [en línea]. 2020. [consultado 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ulbrinox.com.mx/blog/que-son-los-aceros-inoxidables-1>
91. **VALEANU, Cristian.** *Creación de una aplicación móvil para Android e iOS con Xamarin* [en línea]. 2018. Disponible en: [https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/179202/Memoria\\_Tecnica\\_Cristian-Valeanu\\_20180920.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/179202/Memoria_Tecnica_Cristian-Valeanu_20180920.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
92. **VEGA CHAVEZ, Jessica Anabel.** *Plan de negocios para implementar una empresa de snacks de frutas deshidratadas (manzana y pera).* (Proyecto de Investigación). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2022. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/19124/1/27T00649.pdf>
93. **WOLBER, David et al.** *App Inventor.* O'Reilly Media, Inc. 2011. ISBN: 978-1-449-39748-7
94. **ZAYAS, Francisco et al.** *Diseño de controladores PID* [en línea]. 2020. [consultado 17 febrero 2024]. Disponible en: [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/25824/Zayas\\_Gato\\_2020\\_Diseño\\_de\\_controladores\\_PID.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/25824/Zayas_Gato_2020_Diseño_de_controladores_PID.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

# ANEXOS

## ANEXO A: HOJA DE DATOS ESP-32 NODEMCU

### 4 Electrical Characteristics

#### 4.1 Absolute Maximum Ratings

Stresses above those listed in Table 4-1 *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and normal operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in Section 4.2 *Recommended Power Supply Characteristics* is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

Table 4-1. Absolute Maximum Ratings

Parameter	Description	Min	Max	Unit
VDDA, VDD3P3, VDD3P3_RTC, VDD3P3_CPU, VDD_SSDIO	Allowed input voltage	-0.3	3.6	V
I <sub>IOtotal</sub>	Cumulative IO output current	—	1200	mA
T <sub>Storage</sub>	Storage temperature	-40	150	°C

<sup>1</sup> The product proved to be fully functional after all its IO pins were pulled high while being connected to ground for 24 consecutive hours at ambient temperature of 25 °C.

#### 4.2 Recommended Power Supply Characteristics

Table 4-2. Recommended Power Supply Characteristics

Parameter	Description	Min	Typ	Max	Unit
VDDA, VDD3P3_RTC <sup>1, 2</sup> , VDD3P3_VDD_SSDIO (3.3 V mode) <sup>1, 2</sup>	Voltage applied to power supply pins per power domain	2.3/3.0 <sup>1, 2</sup>	3.3	3.6	V
VDD3P3_CPU	Voltage applied to power supply pins	1.8	3.3	3.6	V
I <sub>VDDP</sub>	Current delivered by external power supply	0.5	—	—	A
T <sub>Node #</sub>	Operating temperature	-40	—	125	°C

- When writing eFuse, VDD3P3\_RTC should be at least 3.3 V.
- VDD\_SSDIO works as the power supply for the related IO, and also for an external device. Please refer to the Appendix IO\_MUX of this datasheet for more details.
  - VDD\_SSDIO can be sourced internally by the ESP32 from the VDD3P3\_RTC power domain:
    - When VDD\_SSDIO operates at 3.3 V, it is driven directly by VDD3P3\_RTC through a 6 Ω resistor, therefore, there will be some voltage drop from VDD3P3\_RTC.
    - When VDD\_SSDIO operates at 1.8 V, it can be generated from ESP32's internal LDO. The maximum current this LDO can offer is 40 mA, and the output voltage range is 1.65 V ~ 2.0 V.
  - VDD\_SSDIO can also be driven by an external power supply.
  - Please refer to Section 2.3.1 Power Scheme, for more information.
- Chips with a 3.3 V flash or PSRAM in-package: this minimum voltage is 3.0 V;
  - Chips with no flash or PSRAM in-package: this minimum voltage is 2.3 V.
  - For more information, see Section 1 ESP32 Series Comparison.
- The operating temperature of ESP32-WROOM ranges from -40 °C to 105 °C, due to the in-package flash.
  - The operating temperature of ESP32-WROOM-V2 ranges from -40 °C to 85 °C, due to the in-package PSRAM.
  - For other chips that have no in-package flash or PSRAM, their operating temperature is -40 °C ~ 125 °C.

### 4.3 DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Table 4-3. DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Parameter	Description	Min	Typ	Max	Unit
C <sub>IN</sub>	Pin capacitance	—	2	—	pF
V <sub>IHL</sub>	High-level input voltage	0.75×VDD <sup>1</sup>	—	VDD <sup>1</sup> +0.3	V
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage	-0.3	—	0.25×VDD <sup>1</sup>	V
I <sub>IHL</sub>	High-level input current	—	—	50	nA
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	—	—	50	nA
V <sub>OHL</sub>	High-level output voltage	0.8×VDD <sup>1</sup>	—	—	V
V <sub>OOL</sub>	Low-level output voltage	—	—	0.1×VDD <sup>1</sup>	V
I <sub>OIH</sub>	High-level source current (VDD <sup>1</sup> = 3.3 V, V <sub>OL</sub> = 2.64 V, output drive strength set to the maximum)	—	40	—	mA
I <sub>OIL</sub>	Low-level sink current (VDD <sup>1</sup> = 3.3 V, V <sub>OHL</sub> = 0.495 V, output drive strength set to the maximum)	—	40	—	mA
R <sub>int</sub>	Resistance of internal pull-up resistor	—	45	—	kΩ
R <sub>int</sub>	Resistance of internal pull-down resistor	—	45	—	kΩ
V <sub>I<sub>L</sub>,REF</sub>	Low-level input voltage of CHIP_PU to shut down the chip	—	—	0.6	V

- Please see Table IO\_MUX for IO's power domain. VDD is the I/O voltage for a particular power domain of pins.
- For VDD3P3\_CPU and VDD3P3\_RTC power domain, per-pin current sourced in the same domain is gradually reduced from around 40 mA to around 29 mA, V<sub>OL</sub> = 2.64 V, as the number of current-source pins increases.
- For VDD\_SSDIO power domain, per-pin current sourced in the same domain is gradually reduced from around 30 mA to around 10 mA, V<sub>OL</sub> = 2.64 V, as the number of current-source pins increases.

### 4.4 RF Current Consumption in Active Mode

The current consumption measurements are taken with a 3.3 V supply at 25 °C of ambient temperature at the RF port. All transmitters' measurements are based on a 50% duty cycle.

Table 4-4. Current Consumption Depending on RF Modes

Work Mode	Min	Typ	Max	Unit
Transmit 802.11b, DSSS 1 Mbps, POUT = +19.5 dBm	—	240	—	mA
Transmit 802.11g, OFDM 54 Mbps, POUT = +16 dBm	—	190	—	mA
Transmit 802.11n, OFDM MCS2, POUT = +14 dBm	—	180	—	mA
Receive 802.11b/g/n	—	95 ~ 100	—	mA
Transmit BT/BLE, POUT = 0 dBm	—	130	—	mA
Receive BT/BLE	—	95 ~ 100	—	mA

## 6 Schematics

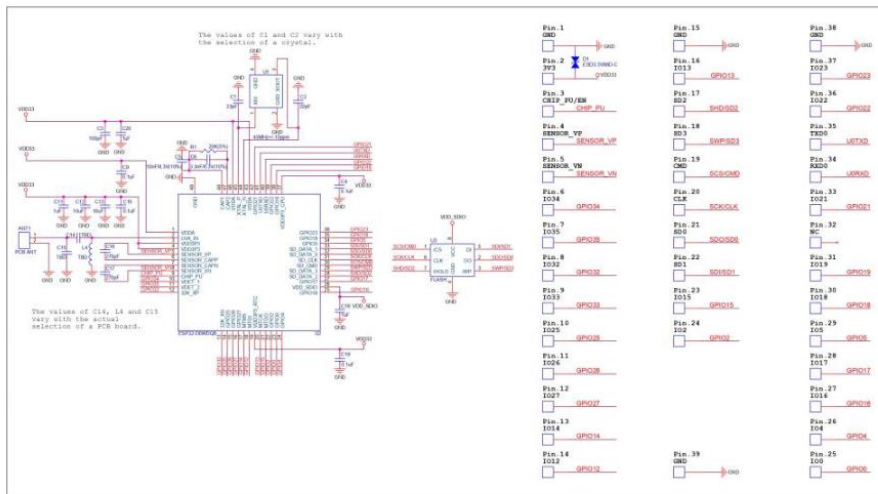


Figure 3: ESP32-WROOM-32 Schematics



# ANEXO B: HOJA DE DATOS SENSOR FS200-SHT10

## Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- SMD type package – reflow solderable



### Product Summary

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion's family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT1x) or on flex print (SHTA1x).

### Dimensions

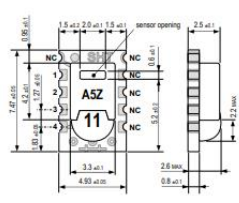


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives '11' for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:SCK, 4:VDD.

### Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides a humidity and a temperature sensor the chip contains an amplifier, AD converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example 'ASZ' code on Figure 1.

### Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(VI), PBB and PBDE.

### Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application of the sensor, there is an evaluation kit EK-H2 available including sensor, hard and software to interface with a computer.

For more sophisticated and demanding measurements a multi port evaluation kit EK-H3 is available which allows for parallel application of up to 20 sensors.

## Sensor Performance

### Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.4 8	0.05 12	0.05 12	%RH bit
Accuracy <sup>2</sup>	typical	±4.5		%RH	
SHT10	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup>	typical	±3.0		%RH	
SHT11	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup>	typical	±2.0		%RH	
SHT15	maximal	see Figure 2			
Repeatability		±0.1		%RH	
Replacement		fully interchangeable			
Hysteresis		±1		%RH	
Nonlinearity	raw data	±3		%RH	
	linearized	±1		%RH	
Response Time <sup>3</sup>	t <sub>63%</sub>	8		s	
Operating Range		0 – 100		%RH	
Long term drift <sup>4</sup>	normal	< 0.5		%RH/yr	

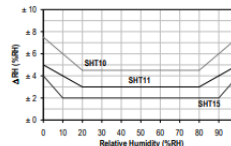


Figure 2: Maximal RH-accuracy at 25°C per sensor type.

### Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.04	0.01	0.01	°C
Accuracy <sup>2</sup>	typical	±0.5		°C	
SHT10	maximal	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup>	typical	±0.4		°C	
SHT11	maximal	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup>	typical	±0.3		°C	
SHT15	maximal	see Figure 3			
Repeatability		±0.1		°C	
Replacement		fully interchangeable			
Operating Range		-40 – 123.8		°C	
Response Time <sup>3</sup> (t <sub>63%</sub> )		5		s	
Long term drift		< 0.04		°C/yr	

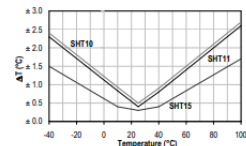


Figure 3: Maximal T-Accuracy per sensor type.

### Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption <sup>1</sup>	sleep	2		5	µW
	measuring	3		10	mW
	average	150		µW	
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH				

<sup>1</sup> The default measurement resolution of 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12bit by command to status register.  
<sup>2</sup> Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (17°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and non-linearity.  
<sup>3</sup> Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

## Users Guide SHT1x

### 1 Application Information

#### 1.1 Operating Conditions

Sensor works stable within recommended normal range – see Figure 4. Long term exposures to conditions outside normal range may temporarily offset the RH signal (+3 %RH after 60h). After return to normal range it will slowly return towards calibration state by itself. See Section 1.4, "Reconditioning Procedure" to accelerate eliminating the offset. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

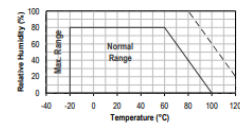


Figure 4: Operating Conditions

#### 1.2 Soldering Instructions

For soldering SHT1x standard reflow soldering ovens may be used. The sensor is qualified to withstand soldering profile according to IPC/JEDEC J-STD-020C with peak temperatures at 260°C inverting up to 40sec including Pb-free assembly in IR/Convection reflow ovens.

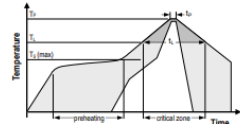


Figure 5: Soldering profile according to JEDEC standard. T<sub>1</sub> <= 260°C and t<sub>2</sub> < 40sec for Pb-free assembly. T<sub>1</sub> < 220°C and t<sub>2</sub> < 10sec. Ramp-up/down speeds shall be < 5°C/sec.

For soldering in Vapor Phase Reflow (VPR) ovens the peak conditions are limited to T<sub>1</sub> < 235°C during t<sub>2</sub> < 60sec and ramp-up/down speeds shall be limited to 10°C/sec. For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 235°C = 451°F, 260°C = 500°F, 350°C = 662°F

### IMPORTANT: After soldering the devices should be stored at >75%RH for at least 12h to allow the polymer to rehydrate. Otherwise the sensor may read an offset that slowly disappears if exposed to ambient conditions.

In no case, neither after manual nor reflow soldering, a board wash shall be applied. Therefore it is strongly recommended to use "no-clean" solder paste. In case of application with exposure of the sensor to corrosive gases the soldering pads shall be sealed to prevent loose contacts or short cuts.

For the design of the SHT1x footprint it is recommended to use dimensions according to Figure 7. Sensor pads are coated with 35µm Cu, 5µm Ni and 0.1µm Au.

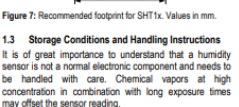


Figure 6: Rear side electrodes of sensor, view from top side.

For these reasons it is recommended to store the sensors in original packaging including the sealed ESD bag at following conditions. Temperature shall be in the range of 10°C – 50°C (0 – 125°C for limited time) and humidity at 20 – 60%RH (sensors that are not stored in ESD bags).

For sensors that have been removed from the original packaging we recommend to store them in ESD bags made of PE-HD.

In manufacturing and transport the sensors shall be prevented of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Out-gassing of glues, adhesive tapes and stickers or out-gassing packaging material such as bubble foils, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

For more detailed information please consult the document "Handling Instructions" or contact Sensirion.

#### 1.4 Reconditioning Procedure

As stated above extreme conditions or exposure to solvent vapors may offset the sensor. The following reconditioning procedure may bring the sensor back to calibration state:

- Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h
- Re-hydration: 20 – 30°C at < 75%RH for 12h<sup>1</sup>.

#### 1.5 Temperature Effects

Relative humidity reading strongly depends on temperature. Therefore, it is essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured. In case of testing or qualification the reference sensor and test sensor must show equal temperature to allow for comparing humidity readings.

If the SHT1x shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in a way that prevents heat transfer or keeps it as low as possible. Measures to reduce heat transfer can be ventilation, reduction of copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB or milling a slit into the PCB around the sensor (see Figure 8).

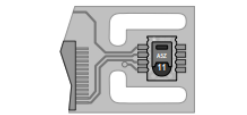


Figure 8: Top view of example of mounted SHT1x with slit milled into PCB to minimize heat transfer.

Furthermore, there are self-heating effects in case the measurement frequency is too high. Please refer to Section 3.3 for detailed information.

<sup>1</sup> For example, please check www.sensirion.com  
<sup>2</sup> 75%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution. 100 – 105°C correspond to 212 – 221°F, 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

#### 1.6 Light

The SHT1x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

#### 1.7 Membranes

SHT1x does not contain a membrane at the sensor opening. However, a membrane may be added to prevent dirt and droplets from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times the air volume behind the membrane must be kept minimal. Sensirion recommends and supplies the SF1 filter cap for optimal IP54 protection (for higher protection – i.e. IP67 – SF1 must be sealed to the PCB with epoxy). Please compare Figure 9.

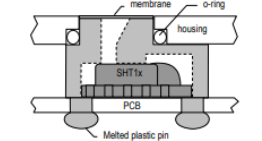


Figure 9: Side view of SF1 filter cap mounted between PCB and housing wall. Volume below membrane is kept minimal.

#### 1.8 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: Any metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF.

For sealing and gluing (use sparingly): High filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill), and Silicone. Out-gassing of these materials may also contaminate the SHT1x (see Section 1.3). Therefore try to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at >50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

#### 1.9 Wiring Considerations and Signal Integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity. Power supply pins (VDD, GND) must be decoupled with a 100nF capacitor if wires are used.

## ANEXO C: HOJA DE DATOS CALEFACTOR PTC

### Descripción

LJXH Finned Tubular Heater U Type Air Heating Element 201SS 304SS 0.8KW 1KW  
1.2KW 1.5KW 2KW

Product Name: Finned Tubular Heater/Heating Element

Shape: Single U

Tube Material: 201/304 stainless steel

Thread Material: 201/304 stainless steel

Voltage: 220V

Wattage: 800W/1000W/1200W/1500W/2000W

Tube Length: 300mm/350mm/400mm/450mm/500mm

Thread Size: M18

Tube Diameter: 12mm

Fin Diameter: 24mm

Center Distance: 55-60mm (adjustable)

Used for Air: Yes

Package: 1PC x Finned heating pipe

### Shopping Tips

#### 01 / Application:

Machinery manufacturing, automotive, textile, food, home appliances and other industries.

#### 02 / Advantage:

High quality materials, corrosion resistance; Heat conduction fast; Uniform heating, good thermal performance, High thermal efficiency, long service life.

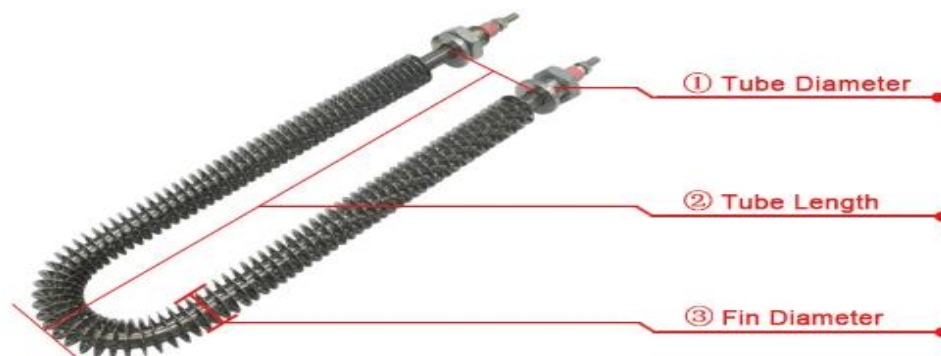
#### 03 / 304 Stainless steel or copper:

Copper material is the upgrade for the 304sus. Copper tube has higher thermal conductivity than stainless steel tube. It is Dry-burning type.

### Custom Made

We accept for different heaters. If you need custom, please offer the drawing as this picture, also actual picture will be more helpful. If our on sales can't meet for your request, please inquiry us as follow parameter:

①	Tube Diameter	example: 10mm/12mm ect.
②	Tube Length	example: 270mm/350mm/400mm/450mm ect.
③	Fin Diameter	example: 22mm/24mm ect.
④	Thread Size	example: M16/M18 ect.
⑤	Power	example: 1000W/1200W/1500W ect.
⑥	Voltage	example: 220V ect.
⑦	Tube Material	example: 304 Stainless Steel ect.
⑧	Thread Material	example: 304 Stainless Steel ect.



<b>Product Feature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fits: Manufactured to replace multiple part numbers from Original equipment manufacturers and other brands that fit the description. Please check for your model in the description</li> <li>○ Quality: Our products are manufactured according to Original Equipment Manufactures high quality standards for best performance as a replacement part.</li> <li>○ Replaces: 3250, 53003, 55394-5, 55394-7, 55735, 56488 305540, AH304745, EA304745, PS304745, PS11742858, WP56488-2, WR60X0191, WR60X0203, WR60X191, WR60X203, NUV-355, SM355</li> <li>○ Specs: Supply 110V 50/60Hz 0.38A 18W 3000rpm Clockwise Rotation. Shaft 3/16in diam 1-3/4in long. 2 x 1/4in spade connectors. Multiple mounting options</li> <li>○ Use: Replacement for Original Equipment Manufactured parts of world renowned brands and others. Intended replacement as refrigerators evaporator motor</li> </ul>
<b>Weight</b>	1.06 LBR
<b>Volume</b>	0.02292209 FTQ
<b>Model</b>	APFM-55
<b>UPC-EAN</b>	814245026516



**APPLI PARTS**  
One brand, all parts

## APPLI PARTS FAN MOTOR MOTOR VENTILADOR



**• Multihorsepower**  
Allows the contractor and distributor to consolidate multiple part codes into a single stocking unit. Carry one motor that can replace a wide variety of OEM and other replacement motors, saving time and money.

**• Multi-Caballaje**  
Permite al contratista y distribuidor consolidar múltiples códigos de piezas en una sola unidad de almacenamiento. Llevar un motor que puede reemplazar una amplia variedad de modelos y otros motores de repuesto, ahorrando tiempo y dinero.

**• Insulated disconnects**  
Fan capacitor connections are insulated for increased safety. Plug disconnects on condenser fan motors and inline disconnects on direct drive furnace blower motors are provided.

**• Conexiones con aislamiento**  
Las conexiones del condensador de marcha están aisladas para una mayor seguridad. Se proporcionan conexiones con aislamiento en el indicador de motores ventiladores del condensador y en línea en los motores del ventilador de accionamiento directo.

**• Extended mounting bolts**  
Extended mounting bolts provide for easier installation in cramped spaces. With the longer bolts, the installer is able to more easily start the threaded mounting nut.

**• Pernos de montaje extendidos**  
Los Pernos de montaje extendidos proporcionan facilidad en la instalación en espacios reducidos. Con los tornillos más largos, al instalador se le facilita enroscar las tuercas para el montaje.

**• Rotation direction reversing plug**  
Simplifies rotation direction changes.

**• Conector para cambio de dirección de rotación**  
Simplifica los cambios de dirección.

TECHNICAL DATA / DATOS TÉCNICOS															
Model	Frame	Class	Rotation	Bearing	Hp	Rpm	Volts	Hz	Amps.	Capacitor	Speed	Shaft Length	Shaft Diameter	Max Working Temp.	Thermally Protected
Modelo	Frame	Clase	Rotación	Cojinete	Hp	Rpm	Voltios	Hz	Amps.	Capacitor	Velocidad	Largo de Eje	Diámetro de Eje	Temp. Máx. de Trabajo	Protección Térmica
APFM-01	3.3"	B	CWLE	Ball / Esfera	1/20	1550	115	60	2.1	N/A	1	2 3/16"	5/16"	40 °C / 104 °F	✓
APFM-02	3.3"	B	CWLE	Ball / Esfera	1/20	1550	230	60	1.1	N/A	1	2 3/16"	5/16"	40 °C / 104 °F	✓
APFM-24	3.3"	B	CCWLE	Ball / Esfera	1/20	1550	115	60	2.1	N/A	1	3"	5/16"	40 °C / 104 °F	✓
APFM-26	3.3"	B	CCWLE	Ball / Esfera	1/15	1550	230	60	1.2	N/A	1	3"	5/16"	40 °C / 104 °F	✓
APFM-504	42	B	CCWLE	Ball / Esfera	1/10	1400	230	60	0.7	3MFD/370V	4	10 1/16"	1/2"	40 °C / 104 °F	✓
APFM-505	42	B	CCWLE	Ball / Esfera	1/6	1500	230	60	1.43	5MFD/450V	4	10 1/16"	1/2"	40 °C / 104 °F	✓
APFM-1127	3.3"	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/12-1/20	1550	115/230	60	1.1/0.5	4MFD/370V	1	3 3/16"	5/16"	40 °C / 104 °F	✓
APFM-1874	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/4	825	230	60	1.9	5MFD/370V	1	6 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓
APFM-1875	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/3	825	230	60	2.9	7.5MFD/370V	1	6 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓
APFM-3727	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/6	1075	230	60	1.0	5MFD/370V	1	5 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓
APFM-3728	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/4	1075	230	60	1.7	5MFD/370V	1	5 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓
APFM-3729	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/3	1075	230	60	2.1	7.5MFD/370V	1	5 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓
APFM-3730	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/2	1075	230	60	3.0	10MFD/370V	1	6 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓
APFM-3735	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	3/4	1075	230	60	4.6	10MFD/370V	1	5 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓
APFM-3742	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	3/4	1075	230	60	2	10MFD/600V	1	6 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓
APFM-5461	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/6-1/2	1075	230	60	3.9	10MFD/370V	4	4 1/2"	1/2"	40 °C / 104 °F	✓
APFM-5462	48	B	REVERS.	Ball / Esfera	1/6-1/3	1075	230	60	2.8	7.5MFD/370V	2	5 1/2"	1/2"	60 °C / 140 °F	✓

**ANEXO E: HOJA DE DATOS PANTALLA NEXTION NX8048P070-011C**

- Overview
- Nextion Models
- Specifications
- Electronic Characteristics
- Working Environment & Reliability Parameter
- Interfaces Performance
- Memory Features
- Product Dimensions



### Overview

Nextion is a Human Machine Interface (HMI) solution combining an onboard processor and memory touch display with Nextion Editor software for HMI GUI project development. Using the NEXTION Editor software, you can quickly develop the HMI GUI by drag-and-drop components (graphics, text, button, slider etc.) and ASCII text based instructions for coding how components interact at display side. Nextion HMI display connects to peripheral MCU via TTL Serial (SV, TX, RX, GND) to provide event notifications that peripheral MCU can act on, the peripheral MCU can easily update progress and status back to Nextion display utilizing simple ASCII text based instructions.

The Intelligent Series products have more powerful hardware in terms of MCU, flash storage and SRAM compared with Basic Series and Enhanced Series. What's more and new! The audio, video and animation play functions enriches user's project HMI interaction. The intelligent Series supports advanced software features and functions such as transparent component, page loading effect, component Move and Drag etc.

Package includes: Nextion NX 8048P070-011C HMI Display\*1, XH2.54 4P wire\*1, power supply test board\*1.  
Go Shopping: NX8048P070-011C (IM190402004)

Note: the small power supply test board and connecting wire inside the package allow you to test if the electrical supply is enough or not. See the image below on how to use it.

### Caution:

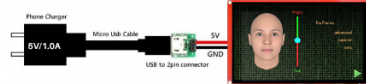
Working under insufficient power supply condition will damage the Nextion model easily.



Blurred screen? Flashing? You may be suffering from power shortages. Power off at the first possible moment. No more repeated attempts to damage your Nextion model.

A small connector is included in the package. Please try to power Nextion with your phone charger through the connector to check if Nextion works well.

A high quality usb cable is required.



### Nextion Models

Nextion Type	Intelligent Series
Nextion Models	NX8048P070-011C (7.0 inch capacitive touchscreen without enclosure)

### Specifications

	Data	Description
Color	65K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	181mm(L)*108mm(W)*9.3mm(H)	NX8048P070-011C
Active Area (A.A.)	164.90mm(L)*100.00mm(W)	
Visual Area (V.A.)	154.08mm(L)*85.92mm(W)	
Resolution	800*480 pixel	Also can be set as 480*800
Touch type	Capacitive	
Touche	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	300nit	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	310g	

### Electronic Characteristics

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	6.5	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	-	430	-	mA
	SLEEP Mode	-	170	-	mA

Power supply recommend: 5V, 1.0A, DC

### Working Environment & Reliability Parameter

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	5V, Humidity 60%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	25°C	10%	60%	90%	RH

### Interfaces Performance

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Serial Port Baudrate	Standard	2400	9600	921600	bps
Output High Voltage (TXD)	IOH=1mA	3.0	5.0	Vin	V
Output Low Voltage(TXD)	IOL=-1mA		0.1	0.2	V
Input High Voltage(RXD)		3.0	5.0	Vin	V
Input Low Voltage(RXD)		-0.7	0.0	1.3	V
Serial Port Mode	3.3V/5.0V TTL				
Serial Port	4Pin_2.54mm				
USB interface	NO				
SD card socket	Yes (FAT32 format), support maximum 32G Micro SD Card * presence of *ftf file on microSD- socket is exclusive to upgrade Nextion firmware/HMI design * Intelligent Series only: see Instruction Set / Editor Guide for microSD card runtime usage				
Extended IO	8 Digital extended GPIO				
	IO0-IO7 support input, output and component binding event * IO pin / ports are not exclusive, limit current draw to 1mA recommended				
	IO6-IO7 support PWM				
RTC	built-in RTC support (Battery type: CR1220)				

Vin: the input voltage of power supply

### Memory Features

Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images			120	MB
User Storage	EEPROM			1024	BYTE
RAM Memory	Store variables			512	KB
Instruction Buffer	Instruction Buffer			4096	BYTE

### Audio Features

Speaker	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
Power	-	0.5	-	1.5	W

Audio Connector Type: 1.25T-2-2A (1.25mm pitch 2-pin housing)

\* NX8048P070-011C do not have speaker in the package.

### Product Dimensions

NX8048P070-011C\_Dimension

### Product Certificates

CE-EMC, RoHS

## ANEXO F: HOJA DE DATOS RELÉ DE 4 CANALES

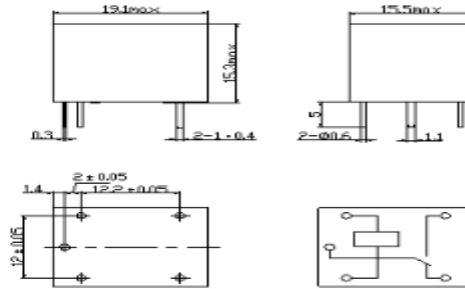
### 3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03, 05, 06, 09, 12, 24, 48VDC	S: Sealed type	L: 0.36W	A: 1 form A
		F: Flux free type	D: 0.45W	B: 1 form B C: 1 form C

### 4. RATING

CCC	FILE NUMBER: CH0052885-2000	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER: CH0036746-99	10A/250VDC
UL/CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

### 5. DIMENSION (unit:mm) DRILLING (unit:mm) WIRING DIAGRAM



### 6. COIL DATA CHART (AT 20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) ±10%	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
SRD (Standard)	48	48	7.5	6400	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	03	03	150	20				
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280	abt. 0.51W			
	48	48	10	4500				

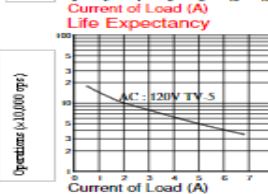
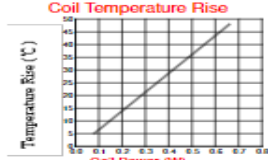
### 7. CONTACT RATING

Item	Type	SRD	
		FORM C	FORM A
Contact Capacity		7A 28VDC	10A 28VDC
Resistive Load (cosΦ=1)		10A 125VAC	10A 240VAC
Inductive Load (cosΦ=0.4 L/R=7msec)		7A 240VAC	
		3A 120VAC	5A 120VAC
		3A 28VDC	5A 28VDC
Max. Allowable Voltage		250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Force		800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material		AgCdO	AgCdO

### 8. PERFORMANCE (at initial value)

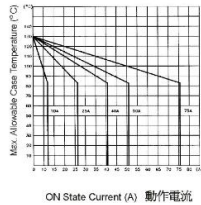
Item	Type	SRD
Contact Resistance		100mΩ Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength	Between coil & contact	1500VAC 50/60HZ (1 minute)
	Between contacts	1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 MΩ Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching	Mechanically	300 operation/min
	Electrically	30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70°C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration	Endurance	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
	Error Operation	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock	Endurance	100G Min.
	Error Operation	10G Min.
Life Expectancy	Mechanically	10 <sup>7</sup> operations. Min. (no load)
	Electrically	10 <sup>7</sup> operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

### 9. REFERENCE DATA

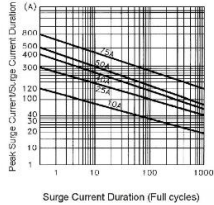


Curve of Characteristic

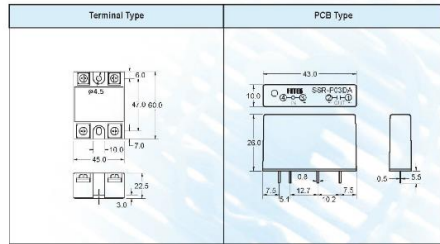
Max. Allowable Case Temperature  
最高容許表面溫度



Peak Surge Current/Surge Current Duration  
衝擊電流/承受次數



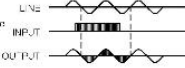
Dimension



Control Method

Zero Cross Trigger Method

Output TURN ON or TURN OFF only on Zero Cross Point of sine wave, may avoid surge or EMI / RFI occurring.  
Specially suited to control resistive, capacitive and Non-saturated inductive loads.  
輸出只在正弦波的零點才會動作或關閉，可避免尖峰浪湧、EMI / RFI，特別適用於控制阻性、電容性和非飽和的感性負載。



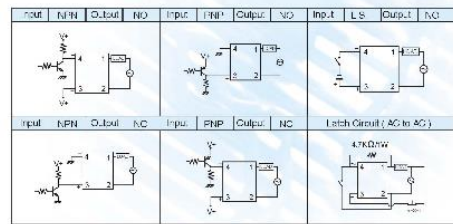
Variable Resistance Control Method

Trimmer Control Method

Power Output is Controlled by the Trigger Angle of Triac with Variable Resistor (R<sub>ADJ</sub> 0~10kΩ, WOCK 0~20kΩ) 輸出功率可變異阻 (R<sub>ADJ</sub> 0~10kΩ, WOCK 0~20kΩ) 控制 Triac 觸發角決定輸出功率。



Application Hints



Specification

Type	Terminal Type					PCB Type
Model	SSR-10DA	SSR-25DA	SSR-40DA	SSR-25DA-H	SSR-40DA-H	SSR-P03DA
Rated Load Current	10A	25A	40A	25A	40A	3A
<b>Input Data</b>						
Operating Voltage	3~32VDC					
Min. ON / OFF Voltage	ON > 2.4V, OFF < 1.0V					
Trigger Current	7.5mA / 12V					
Control Method	Zero Cross Trigger					
<b>Output Data</b>						
Operating Voltage	24~380VAC		50~480VAC		24~380VAC	
Min. Blocking Voltage	600 VAC < Repetitive >					
Voltage Drop	1.6V / 25°C					
Max. Sustained Current	130A	250A	410A	250A	410A	130A
Leakage Current	3.0mA	3.0mA	3.0mA	5.0mA	5.0mA	5.0mA
Response Time	ON < 10ms, OFF < 10ms					
<b>General Data</b>						
Dielectric Strength	Over 2.5kVAC / 1min.					
Insulation Strength	Over 500Ω / 500VDC					
Operating Temperature	20°C ~ +80°C					
Housing Material	Intensive ABS					
Weight	Appt. 125g					Appt. 15g
<b>Connection Diagram</b>						

Specification

Type	Terminal Type			
Model	SSR 60DA	SSR 75DA	SSR 50DA-I	SSR 75DA-I
Rated Load Current	60A	75A	50A	75A
<b>Input Data</b>				
Operating Voltage	3~32VDC			
Min. ON / OFF Voltage	ON > 2.4V, OFF < 1.0V			
Trigger Current	7.5mA / 12V			
Control Method	Zero Cross Trigger			
<b>Operating Data</b>				
Operating Voltage	24~380VAC			
Min. Blocking Voltage	600 VAC < Repetitive >			
Voltage Drop	1.6V / 25°C			
Max. Sustained Current	550A	620A	550A	620A
Leakage Current Max.	6.0mA	6.0mA	6.0mA	6.0mA
Response Time	ON < 10ms, OFF < 10ms			
<b>General Data</b>				
Dielectric Strength	Over 2.5kVAC / 1min.			
Insulation Strength	Over 500Ω / 500VDC			
Operating Temperature	20°C ~ +80°C			
Housing Material	Intensive ABS			
Weight	Appt. 125g			
<b>Connection Diagram/Dimension</b>				

## Fuente de alimentación conmutada general de 25W de la serie

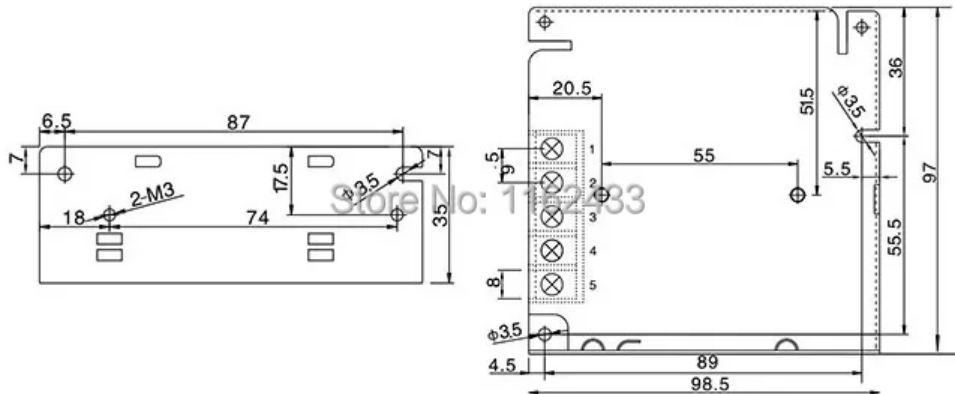
### ■ Número de modelo y parámetros

Número de modelo	S-25-5	S-25-12	S-25-15	S-25-24
Producto relacionado	Visitando...	<a href="#">Pedido</a>	<a href="#">Pedido</a>	<a href="#">Pedido</a>
Voltaje de salida DC	5V	12V	15V	24V
Error de voltaje de salida (Nota: 2)	± 2%	± 1%	± 1%	± 1%
Corriente nominal de salida	5A	2.1A	1.7A	1.1A
Rabia de corriente de salida	0-5A	0-2.1A	0-1.7A	0-1.1A
Onda y ruido (Nota: 3)	100mVp-p	50 Vp-p	50mVp-p	50mVp-p
Capacidad de entradas (nota: 4)	± 0.5%	± 0.5%	± 0.5%	± 0.5%
Estabilidad de carga (nota: 5)	± 1%	± 0.5%	± 0.5%	± 0.5%
Potencia de salida DC	25W	25,2 W	25,5 W	26,4 W
Eficiencia	70%	76%	77%	80%
Rango ajustable para voltaje DC	+ 10,-5%	± 10%	± 10%	± 10%

### ■ General

Número de modelo	Serie de la marca,
Rango de voltaje de entrada AC	85-132VAC/170-264VAC, seleccionado por interruptor, 47-63Hz; 240-370VDC
Corriente de entrada	0.6A/115V, 0.35A/230V
Corriente de entrada AC	Corriente de arranque en frío: 30A/115V, 60A/230V
Corriente de fuga	0.75mA/240VAC máx.
Protección contra sobrecarga	105%-150% Tipo: limitador de corriente plegable Descanso: recuperación automática
Protección contra sobretensión	105%-135% Tipo: modo hipo Descanso: recuperación automática
Coefficiente de temperatura	± 0.03%/°C (0-50 °C)
Tiempo de retención de aumento de configuración	800ms,50ms,10MS/115VAC 300ms,50ms,80MS/230VAC
Vibración	10-500HZ,2G 10min/1 ciclo, período para 60min, cada eje
Fuerza dieléctrica	1,5 kVac, 50/60Hz durante 1 min entre entrada y salida 1,5 kVac, 50/60Hz durante 1 min entre la entrada y la carcasa 0,5 kVac, 50/60Hz durante 1 min entre salida y carcasa
Resistencia de aislamiento	100 MΩ min. a 500 VDC
Temperatura DE TRABAJO humedad	-10 °C-60 °C (consulte la Figura característica de salida), 20%-90% RH
Almacenar temperatura humedad	-20 °C-85 °C, 10%-95% RH
Dimensión externa	99x97x35mm
Peso	0,37 kg
Estándares de seguridad	UL1012 TUV se refiere a 6050 (IEC,UL1950)
Estándares EMC	CISPR22 (consulte 55022), 3,4IEC555-2
Nota	1. La condición de prueba para el parámetro anterior es: entrada de 230V CA, carga nominal, 25 °C, humedad 70% RH. 2. Error, incluye error de configuración, estabilidad de línea y estabilidad de carga. (Nota: 5) 3. Prueba de onda: adopta cable doble A12 para 20MHZ y cortocircuito de condensador de 0,1 uF-47uF para interrumpir. 4. Prueba de estabilidad de voltaje de entrada: cuando hay sobrecarga, el voltaje más bajo de entrada es representativo del voltaje más alto 5. Prueba de estabilidad de carga: la carga es de 0% a 100%.

### ■ Dimensiones de montaje de la fuente de alimentación de conmutación general serie



## ANEXO I: CÓDIGO ARDUINO

```
#include <PID_v1.h>

#include <Arduino.h>

#include <SHT1x-ESP.h>

#include <FirebaseESP32.h>

#include <addons/TokenHelper.h>

#include <addons/RTDBHelper.h>

#include <WiFi.h>

#include <EEPROM.h>

// Direcciones de memoria en la EEPROM
#define EEPROM_SEGUNDOS_ADDR 0
#define EEPROM_MINUTOS_ADDR 4
#define EEPROM_HORAS_ADDR 8
#define EEPROM_SETPOINT_ADDR 12

// Especificar conexiones de datos y reloj y crear una instancia del
objeto SHT1x
#define dataPin 12 //Pin de dato sensor
#define clockPin 13 // Pin de reloj sensor
SHT1x sht1x(dataPin, clockPin);

// Relé de estado sólido
#define SSR 4 //Pin rele estado solido

//Credenciales WiFi
#define WIFI_SSID "NETLIFE-ALJALI"
#define WIFI_PASSWORD "Aljali9899Universe"

//Firebase
#define API_KEY "AIzaSyBWNblE86GCsJazXWk-_4Uem01ZkB-gHmo"
#define USER_EMAIL "dehydrator.lc01@gmail.com"
#define USER_PASSWORD "Tesis2024"
#define DATABASE_URL "https://dehydrator-lc01-default-
rtbd.firebaseio.com/"
#define DATABASE_SECRET "2KiC3UXP9xRppWHu42LBI64RmxkH8LCEpM6dcwUQ"
FirebaseData Dehydrator;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;

// Tiempo inicial en horas, minutos y segundos
int horas;
int minutos;
```



```

int segundos;
int i=0;

//millis
float T_Anterior=0;
float Espera=3000;

float T_Anterior_2=0;
float Espera_2=950;

//Variables
String trama, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9, d10, d11, d12, sP,
Tiempo, Temp_sP, T_Fru, FrutaN_T, FrutaN_H;
byte p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9, p10, p11, p12;
char valor, valorT, login;
int Temper, Comp, Log, New;
bool r1, r2, r3;

// Variables PID
double Setpoint, Input, Output;
double Kp=0.037554, Ki=0.000050817, Kd=0.93625;
float temperatura;
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);

// Reles
const int rele = 2;    //Rele sensor
const int relev = 5;   //Rele ventilador
const int relef = 14;  //Rele foco

struct Datos {
    int segundosR;
    int minutosR;
    int horasR;
    int setpointR;
};

Datos datos;

void setup(){
    Serial.begin(9600); // Open serial connection to report values to host

    // Rele sensor
    pinMode(rele, OUTPUT);
    digitalWrite(rele,LOW);

    // Rele ventilador
    pinMode(relev, OUTPUT);
    digitalWrite(relev,LOW);

```

```

// Rele foco
pinMode(relef, OUTPUT);
digitalWrite(relef,LOW);

// Datos PID
Setpoint=0.0;
myPID.SetMode(AUTOMATIC);
pinMode(SSR, OUTPUT);
digitalWrite(SSR,LOW);

//Conexión WiFi
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{

}

config.api_key = API_KEY;
config.database_url = DATABASE_URL;
Firebase.reconnectNetwork(true);
Firebase.begin(&config, &auth);

}

void loop()
{

if (Serial.available()>0){
valor=Serial.read();
trama +=valor;
if(valor == '*'){
p1 = trama.indexOf("|");
p2 = trama.indexOf("|", p1 + 1);
p3 = trama.indexOf("|", p2 + 1);
p4 = trama.indexOf("|", p3 + 1);
p5 = trama.indexOf("|", p4 + 1);
p6 = trama.indexOf("|", p5 + 1);
p7 = trama.indexOf("|", p6 + 1);
p8 = trama.indexOf("|", p7 + 1);
p9 = trama.indexOf("|", p8 + 1);
p10 = trama.indexOf("|", p9 + 1);
p11 = trama.indexOf("|", p10 + 1);
p12 = trama.indexOf("|", p11 + 1);
d1 = trama.substring(0, p1);
d2 = trama.substring(p1 + 1, p2);
d3 = trama.substring(p2 + 1, p3);
d4 = trama.substring(p3 + 1, p4);
d5 = trama.substring(p4 + 1, p5);
d6 = trama.substring(p5 + 1, p6);
}
}
}

```

```

d7 = trama.substring(p6 + 1, p7);
d8 = trama.substring(p7 + 1, p8);
d9 = trama.substring(p8 + 1, p9);
d10 = trama.substring(p9 + 1, p10);
d11 = trama.substring(p10 + 1, p11);
d12 = trama.substring(p11 + 1, p12);
trama = "";

Comp = d5.toInt();
New = d6.toInt();
Log = d10.toInt();

if(Comp == 1){

  sP = "/Frutas/";
  sP += "/" + d2 + "/Temperatura";
  Firebase.getInt(Dehydrator, sP);
  Temp_sP = Dehydrator.stringData();
  Setpoint= (atof(Temp_sP.c_str()))-2;
  Temper = Temp_sP.toInt();

  Tiempo = "/Frutas";
  Tiempo += "/" + d2 + "/Tiempo";
  Firebase.getInt(Dehydrator, Tiempo);
  T_Fru = Dehydrator.stringData();
  horas = T_Fru.toInt();

  Serial.print("Tie.val=");
  Serial.print(T_Fru);
  Serial.write(0xff);
  Serial.write(0xff);
  Serial.write(0xff);

  Serial.print("Tem.val=");
  Serial.print(Temper);
  Serial.write(0xff);
  Serial.write(0xff);
  Serial.write(0xff);
}

if(Comp == 10){
  sP = "/N_Frutas/";
  sP += auth.token.uid.c_str();
  sP += "/" + d2 + "/Temperatura";
  Firebase.getInt(Dehydrator, sP);
  Temp_sP = Dehydrator.stringData();
  Setpoint= (atof(Temp_sP.c_str()))-2;
  Temper = Temp_sP.toInt();
}

```

```

Tiempo = "/N_Frutas/";
Tiempo += auth.token.uid.c_str();
Tiempo += "/" + d2 + "/Tiempo";
Firebase.getInt(Dehydrator, Tiempo);
T_Fru = Dehydrator.stringData();
horas = T_Fru.toInt();

Serial.print("Tie.val=");
Serial.print(T_Fru);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);

Serial.print("Tem.val=");
Serial.print(Temper);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);

if(T_Fru != 0 & Temper != 0){
    Serial.print("Bus.txt=\"Fruta encontrada\"");
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);
}else{
    Serial.print("Bus.txt=\"La fruta no existe en la BD\"");
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);
}

}

if(New == 1){
    FrutaN_T = "/N_Frutas/";
    FrutaN_T += auth.token.uid.c_str();
    FrutaN_T += "/" + d7 + "/Temperatura";
    Firebase.setInt(Dehydrator, FrutaN_T, d8.toInt());

    FrutaN_H = "/N_Frutas/";
    FrutaN_H += auth.token.uid.c_str();
    FrutaN_H += "/" + d7 + "/Tiempo";
    Firebase.setInt(Dehydrator, FrutaN_H, d9.toInt());
}

if(Log == 1){
    loginUser();
}

```

```

    minutos = 20;
    segundos = 0;

    r1=d1.toInt();
    r2=d3.toInt();
    r3=d4.toInt();

    digitalWrite(rele,r1);
    digitalWrite(relev,r2);
    digitalWrite(relef,r2);
}
}

if(r3 == 1){
    PID();
    tiempo();
    String Proc = "/Proceso/";
    Proc +="/Deshidratando";
    Firebase.setString(Dehydrator,Proc,d2);
}else if(r3 == 0){
    digitalWrite(relev,LOW);
    digitalWrite(SSR,LOW);
}

if(r1==1){
    sensor();
}else{

}

if(Comp == 20){
    recuperarDatosDeEEPROM();
}
}

void tiempo() {

float T_Actual_2 = millis();

    if(T_Actual_2 - T_Anterior_2 >= Espera_2){

        T_Anterior_2 = T_Actual_2;

        // Disminuir el contador de segundos
        if (segundos > 0) {
            segundos--;
        } else {
            // Si los segundos son 0, disminuir los minutos

```

```

    if (minutos > 0) {
        minutos--;
        segundos = 59; // Reiniciar segundos a 59
    } else {
        // Si los minutos son 0, disminuir las horas
        if (horas > 0) {
            horas--;
            minutos = 59; // Reiniciar minutos a 59
            segundos = 59; // Reiniciar segundos a 59
        }
    }
}

//Imprimir horas temporizador
Serial.print("Horas.val=");
Serial.print(horas);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);

String Ho = "/Temporizador/";
Ho += "/Horas";
Firebase.setInt(Dehydrator, Ho, horas);

//Imprimir minutos temporizador
Serial.print("Minutos.val=");
Serial.print(minutos);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);

String Min = "/Temporizador/";
Min += "/Minutos";
Firebase.setInt(Dehydrator, Min, minutos);

//Imprimir segundos temporizador
Serial.print("Segundos.val=");
Serial.print(segundos);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);

String Seg = "/Temporizador/";
Seg += "/Segundos";
Firebase.setInt(Dehydrator, Seg, segundos);

guardarDatosEnEEPROM();

// Si el temporizador ha alcanzado cero, detener la cuenta regresiva

```

```

if (horas == 0 && minutos == 0 && segundos == 0) {

    digitalWrite(relev,LOW);
    digitalWrite(relef, LOW);
    digitalWrite(rele, LOW);
    digitalWrite(SSR,LOW);

    Serial.print("page PTerminado");
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);

    r3=0;
}
}
}

void sensor(){

    float temp_c;
    int humidity;

    // Read values from the sensor
    temp_c = sht1x.readTemperatureC();
    humidity = sht1x.readHumidity();

float T_Actual = millis();

    if(T_Actual - T_Anterior > Espera){

        T_Anterior = T_Actual;

        char tdb[8];
        dtostrf(temp_c, 6, 1, tdb);

        // Escribir en base de datos
        String Temp = "/Sensor/";
        Temp += "/Temp";
        Firebase.setInt(Dehydrator,Temp,atof(tdb));

        String Hum = "/Sensor/";
        Hum += "/Hum";
        Firebase.setInt(Dehydrator,Hum,humidity);

        // Imprimir valor de temperatura
        Serial.print("Sen1.txt=");
        Serial.print("\n");
        Serial.print(temp_c,1);

```

```

Serial.print("\n");
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);

//Imprimir valor de humedad relativa
Serial.print("Sen2.val=");
Serial.print(humidity);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
}
}

void PID() {

// Lectura de temperatura desde el sensor SHT10
Input = sht1x.readTemperatureC();
//Input = temperatura;

// Cálculo de la acción de control PID
myPID.Compute();

// Encender o apagar el relé de estado sólido basado en la salida del
PID
if (Output > 0) {
digitalWrite(SSR, HIGH); // Encender el relé
} else {
digitalWrite(SSR, LOW); // Apagar el relé
}
}

void loginUser() {
//Conexión Firebase
//Serial.printf("Firebase Client v%s\n\n", FIREBASE_CLIENT_VERSION);
auth.user.email = d11;
auth.user.password = d12;
/* Initialize the library with the Firebase authen and config */
Firebase.begin(&config, &auth);
delay(2000);

if(Firebase.ready()==true){
Serial.print("Msg.txt=\"Inicio Correcto\"");
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
}else{
Serial.print("Msg.txt=\"Acceso Incorrecto\"");
Serial.write(0xff);
}
}

```

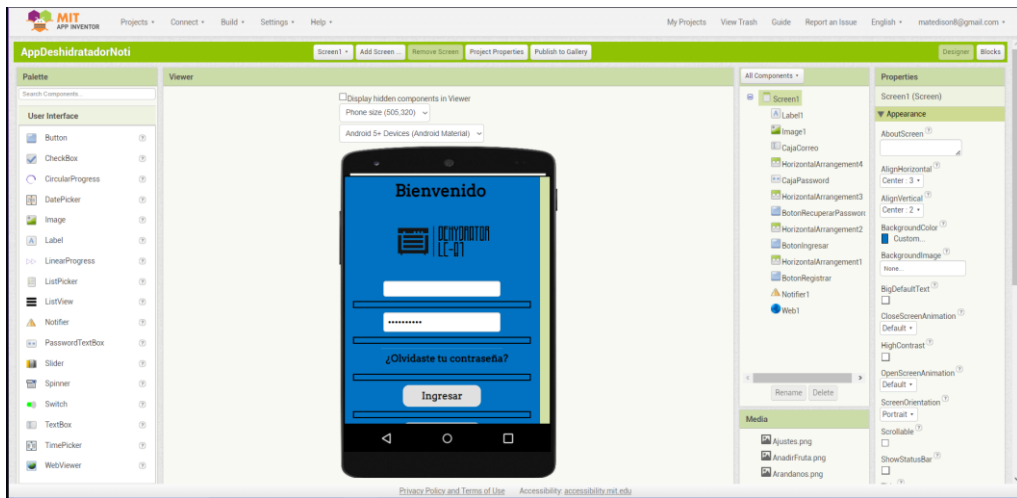


```
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);
}
}

void guardarDatosEnEEPROM() {
    EEPROM.put(EEPROM_SEGUNDOS_ADDR, datos.segundosR);
    EEPROM.put(EEPROM_MINUTOS_ADDR, datos.minutosR);
    EEPROM.put(EEPROM_HORAS_ADDR, datos.horasR);
    EEPROM.put(EEPROM_SETPOINT_ADDR, datos.setpointR);
    EEPROM.commit(); // ¡Importante! Para escribir los datos en la EEPROM
}

void recuperarDatosDeEEPROM() {
    segundos = EEPROM.get(EEPROM_SEGUNDOS_ADDR, datos.segundosR);
    minutos = EEPROM.get(EEPROM_MINUTOS_ADDR, datos.minutosR);
    horas = EEPROM.get(EEPROM_HORAS_ADDR, datos.horasR);
    Setpoint = EEPROM.get(EEPROM_SETPOINT_ADDR, datos.setpointR);
}
```

# ANEXO J: PROGRAMACIÓN APLICACIÓN MÓVIL



```

initialize global URLRegistrar to join https://identitytoolkit.googleapis.com/v1/account...
AlzaSyBWNbiE86GcsJazXWk-4UemO1Zk8-ghmo
    
```

```

initialize global URLIngresar to join https://identitytoolkit.googleapis.com/v1/account...
AlzaSyBWNbiE86GcsJazXWk-4UemO1Zk8-ghmo
    
```

```

initialize global DetectarError to create empty dictionary
    
```

```

initialize global DetectarLogin to
    
```

```

when BotonRegistrar Click
do
  set Web1 Uri to get global URLRegistrar
  call Web1 PostText
  text
  join email=
  CajaCorreo Text
  &
  password=
  CajaPassword Text
  &
  returnSecureToken=true
  set global DetectarLogin to Registrar
  set CajaCorreo Text to
  set CajaPassword Text to
  call CajaCorreo RequestFocus
    
```

```

when BotonIngresar Click
do
  set Web1 Uri to get global URLIngresar
  call Web1 PostText
  text
  join email=
  CajaCorreo Text
  &
  password=
  CajaPassword Text
  &
  returnSecureToken=true
  set global DetectarLogin to Login
  set CajaCorreo Text to
  set CajaPassword Text to
  call CajaCorreo RequestFocus
    
```

```

when Web1 OnText
  responseContent responseContent
  initialize local Elementos to get value for key email
  in dictionary call Web1 JsonTextDecodeWithDictionaries
  jsonText get responseContent
  if not found not found
  get value for key message
  in dictionary get Elementos
  or if not found not found
  if compare texts get global DetectarError EMAIL_EXISTS
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Este correo ya existe en la base de datos
  else if compare texts get global DetectarError MISSING_PASSWORD
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Falta ingresar una contraseña
  else if compare texts get global DetectarError WEAK_PASSWORD Password should be at least 6 char
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice La contraseña debe tener al menos 6 caracteres
  else if compare texts get global DetectarError INVALID_LOGIN_CREDENTIALS
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Error al ingresar el correo o contraseña
  else if compare texts get global DetectarError INVALID_EMAIL
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Correo invalido
  else if compare texts get global DetectarError TOO_MANY_REQUESTS
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Intenta de nuevo
  else if compare texts get global DetectarError LOGIN
  then open another screen with start value screenName
  get value for key idToken
  in dictionary call Web1 JsonTextDecodeWithDictionaries
  jsonText get responseContent
  or if not found not found
  else if compare texts get global DetectarError EXCESSIVE_LOGIN
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Registrado con éxito
  else if compare texts get global DetectarError RECAPTCHA
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Invalida tu correo electrónico
  set global DetectarError to
    
```

```

else if compare texts get global DetectarError WEAK_PASSWORD Password should be at least 6 char
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice La contraseña debe tener al menos 6 caracteres
  else if compare texts get global DetectarError INVALID_LOGIN_CREDENTIALS
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Error al ingresar el correo o contraseña
  else if compare texts get global DetectarError INVALID_EMAIL
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Correo invalido
  else if compare texts get global DetectarError TOO_MANY_REQUESTS
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Intenta de nuevo
  else if compare texts get global DetectarError LOGIN
  then open another screen with start value screenName
  get value for key idToken
  in dictionary call Web1 JsonTextDecodeWithDictionaries
  jsonText get responseContent
  or if not found not found
  else if compare texts get global DetectarError EXCESSIVE_LOGIN
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Registrado con éxito
  else if compare texts get global DetectarError RECAPTCHA
  then call Notifier1 ShowAlert
  notice Invalida tu correo electrónico
  set global DetectarError to
    
```

```

initialize global URLRecuperarPassword to join https://identitytoolkit.googleapis.com/v1/account...
AlzaSyBWNbiE86GcsJazXWk-4UemO1Zk8-ghmo
    
```

```

when BotonRecuperarPassword Click
do
  call Notifier1 ShowToastDialog
  message Se enviará un mensaje para reestablecer la contr...
  title Ingresa tu correo electrónico
  cancelable true
    
```

```

when Notifier1 AfterToastInput
  response
  do
    set Web1 Uri to get global URLRecuperarPassword
    call Web1 PostText
    text
    join email=
    get response
    &
    requestTypePASSWORD_RESET
    set global DetectarLogin to Recuperar
    
```

```

initialize global URLVerificar to join ["https://identitytoolkit.googleapis.com/v1/account...", "AlzaSyBWNbE86GcsJazXWk-4UemO1Zk8-gHmo"]
initialize global URLConseguirDatos to join ["https://identitytoolkit.googleapis.com/v1/account...", "AlzaSyBWNbE86GcsJazXWk-4UemO1Zk8-gHmo"]
initialize global DetectarEmailVerificacion to create empty dictionary
initialize global DetectarBotonVerificar to true

```

```

when Screen2 Initialize
do
  set global DetectarBotonVerificar to true
  set global idToken to get start value
  set Web1 Uri to get global URLConseguirDatos
  call Web1 PostText
  text join ["idToken:", get global idToken]

when BotonAgregar Click
do
  open another screen with start value screenName Screen1
  startValue get global idToken

when BotonContinuar Click
do
  open another screen with start value screenName Screen3
  startValue get global idToken

```

```

when BotonVerificar Click
do
  set global DetectarBotonVerificar to false
  set Web1 Uri to get global URLVerificar
  call Web1 PostText
  text join ["idToken:", get global idToken, "email:", email, "mouseType=VERIFY_EMAIL"]
  set BotonVerificar Enabled to false

```

```

when Web1 GetText
url
responseCode responseType responseContent
do
  if is empty get global DetectarBotonVerificar
  then
    set LabelCorreo Text to select list item list by walking key path ["users", "walk all at level", "email"]
    in dictionary or list call Web1 JsonTextDecodeWithDictionaries jsonText get responseContent
    index 1
    set global DetectarEmailVerificacion to select list item list by walking key path ["users", "walk all at level", "emailVerified"]
    in dictionary or list call Web1 JsonTextDecodeWithDictionaries jsonText get responseContent
    index 1
    if get global DetectarEmailVerificacion
    then
      set LabelVerificar Text to "Cuenta Verificada"
      set BotonContinuar Enabled to true
      set BotonVerificar Enabled to false
      open another screen with start value screenName Screen3
      startValue get global idToken
    else
      set LabelVerificar Text to "Falta Verificar"
      set BotonContinuar Enabled to false
      set BotonVerificar Enabled to true
    else
      call Utiliser1 ShowAlert
      notice "Revisa tu correo electrónico y reinicia el aplic."
  else

```

```

initialize global idToken to ""
initialize global URLConseguirDatos to join ["https://identitytoolkit.googleapis.com/v1/account...", "AlzaSyBWNbE86GcsJazXWk-4UemO1Zk8-gHmo"]
initialize global DetectarBotonAgregar to true

```

```

when Screen3 Initialize
do
  set global DetectarBotonAgregar to true
  set global idToken to get start value
  set Web1 Uri to get global URLConseguirDatos
  call Web1 PostText
  text join ["idToken:", get global idToken]

```

```

when AgregarFruta Click
do
  open another screen with start value screenName Screen5
  startValue get global idToken

```

```

when Monitorear Click
do
  open another screen screenName Screen6

```

```

when CerrarSesion Click
do
  close application

```





## TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL

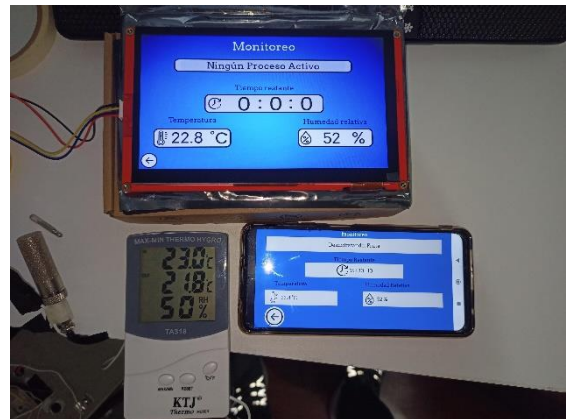
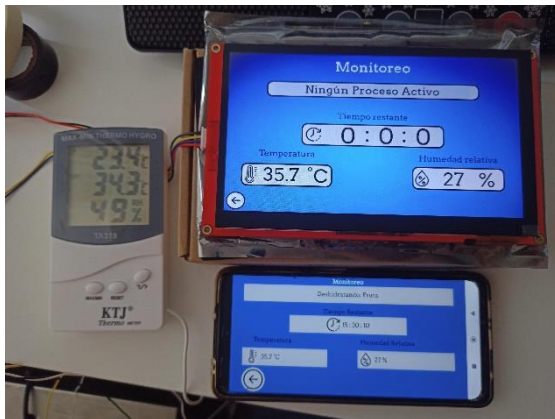
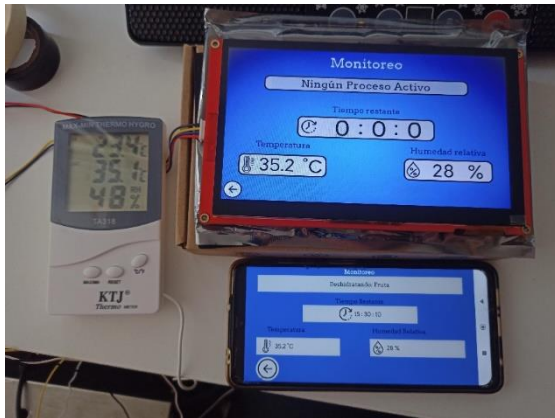
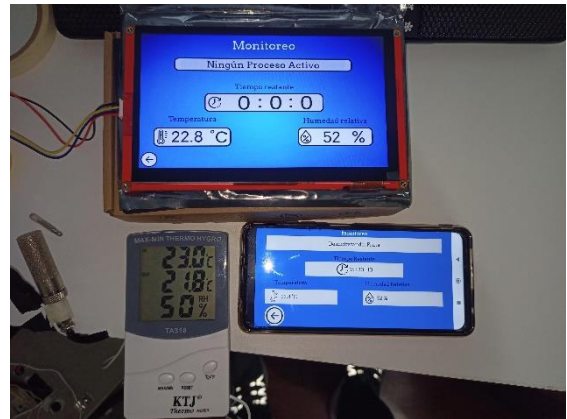
Con sensor externo  
REF. TA318

FICHA TÉCNICA

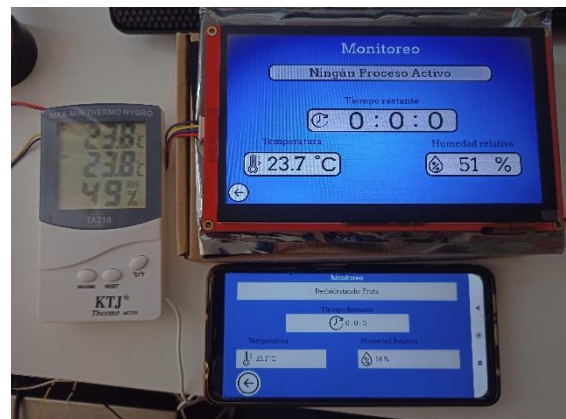
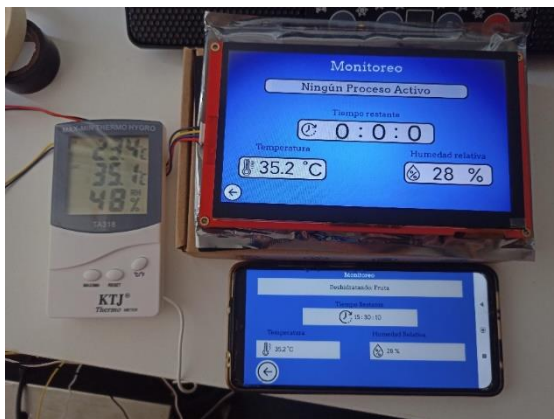
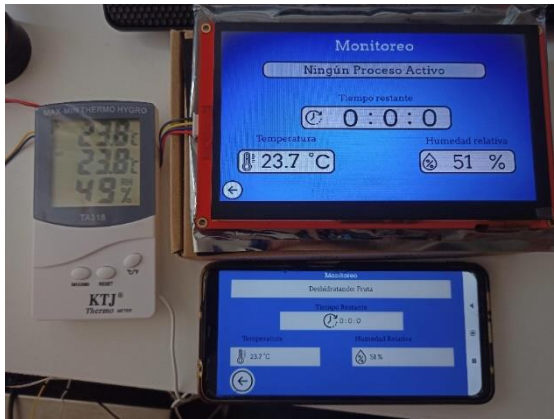


<b>Marca</b>	KTJ
<b>Uso</b>	Ambiental (IN) Sensor externo (OUT) Congelación - Refrigeración Cuartos fríos - Neveras
<b>Intervalo Temperatura (IN)</b>	0 °C a 50 °C - Resolución 0.1 °C
<b>Intervalo Temperatura de Sensor Externo (OUT)</b>	-50 °C a 70 °C - Resolución 0.1 °C
<b>Intervalo Humedad Relativa</b>	25 %HR a 98 %HR – Resolución 1 %HR
<b>Largo del cable (sensor fijo)</b>	148 cm
<b>Tamaño del instrumento</b>	125mm x 70mm x 18mm
<b>Tamaño de los números</b>	17mm
<b>Selector</b>	°C / °F
<b>Exactitud</b>	+/- 1.0 °C +/- 5 %HR
<b>Alimentación</b>	1 batería "AAA" (incluida)
<b>Fijación</b>	Orificio al respaldo para ser colgado o soporte para sobreponer.
<b>Display</b>	Grande y de fácil lectura

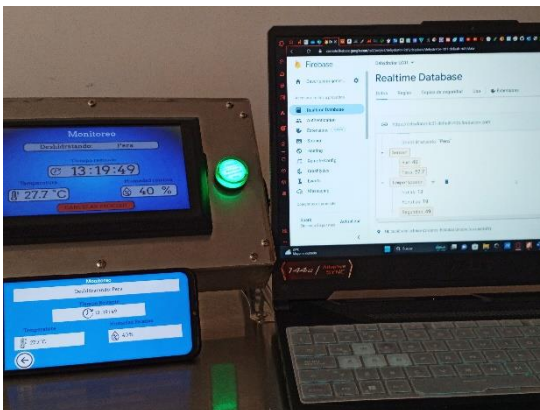
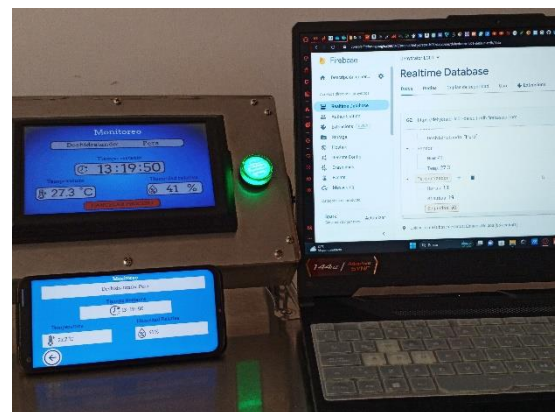
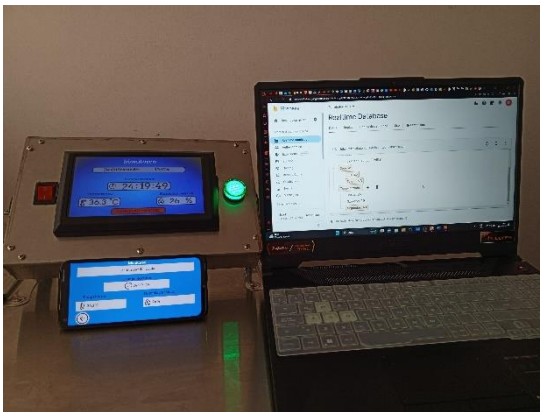
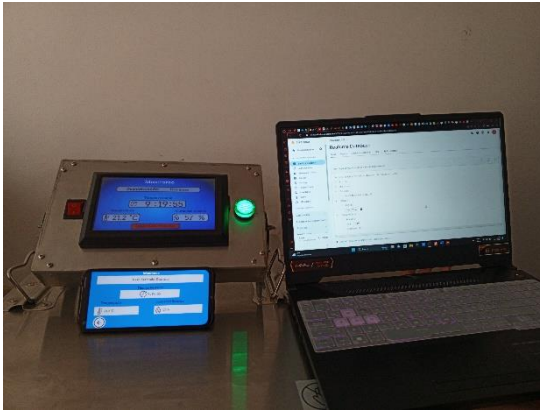
# ANEXO L: EVIDENCIAS VALIDACIÓN DEL SENSOR FS200-SHT10 (TEMPERATURA)



# ANEXO M: EVIDENCIAS VALIDACIÓN DEL SENSOR FS200-SHT10 (HUMEDAD)



## ANEXO N: EVIDENCIAS PRUEBA DE INTEGRIDAD DE LA INFORMACIÓN





## ANEXO O: EVIDENCIAS DE LA PRUEBA DE INGRESO DE FRUTAS



▼ KabGj1tlzoS0wspWR8RaXuWrehB3

- ▶ Cereza
- ▶ Guayaba
- ▶ Higo
- ▶ Kiwi
- ▶ Limon
- ▶ Mandarina
- ▶ Melocoton
- ▶ Melon
- ▶ Naranja
- ▶ Prueba
- ▶ Sandia
- ▶ Uva

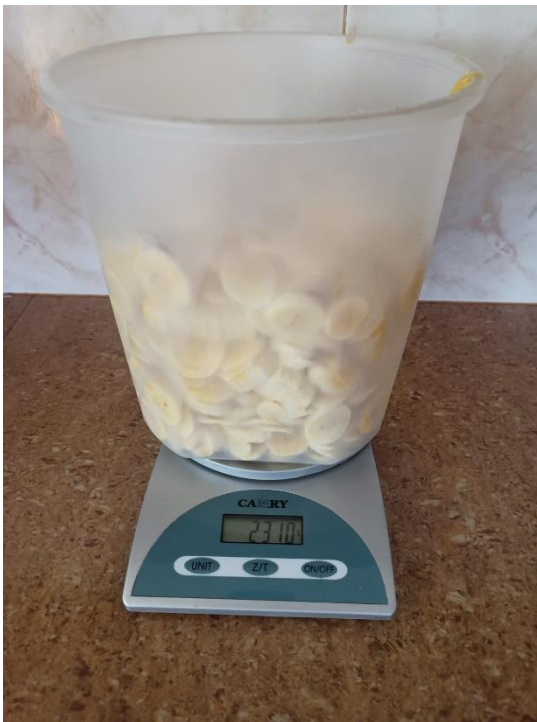
▼ ZsNvb71r1LWFyu94ynBcovhbD2C2

- ▶ Cereza
- ▶ Frambuesa
- ▶ Higo
- ▶ Kiwi
- ▶ Lima
- ▶ Melocoton
- ▶ Melon
- ▶ Naranja
- ▶ Sandia
- ▶ Uva

## ANEXO P: EVIDENCIAS PRUEBA DE CONSUMO ENERGÉTICO



**ANEXO Q: PESOS DE LAS FRUTAS UTILIZADAS PARA LAS PRUEBAS**







## ANEXO R: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AQUALAB 4TE

### Especificaciones Técnicas del Medidor de Actividad de Agua AQUALAB 4TE

- Actividad de agua
  - Intervalo: 0,030 a 1,000 aw
  - Resolución:  $\pm 0,0001$  aw
  - Precisión:  $\pm 0,003$  aw
  - Repetibilidad:  $\pm 0,001$  aw, diferentes usuarios, diferentes ubicaciones, mismo resultado.
- Temperatura
  - Intervalo: 15 a 50 ° C
  - Resolución: 0,01 ° C
  - Precisión:  $\pm 0,1$  ° C
- Tiempo de Medida:
  - Duración: < 5 min
  - Tiempo para alcanzar el equilibrio: 0
- Dimensiones:
  - 26,7 x 27,8 x 12,7 cm.
- Peso:
  - 3,18 kg
- Condiciones de funcionamiento:
  - 4 a 50 ° C
  - 0 a 90% HR (sin condensación)
- Capacidad del portamuestras:
  - 15 ml, recomendado 7 ml

## ANEXO S: EVIDENCIAS PRUEBA DE ACTIVIDAD DE AGUA

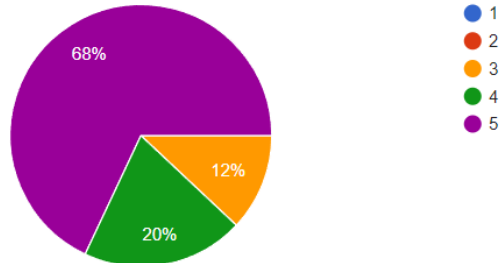


## ANEXO T: RESULTADOS ENCUESTA REALIZADA EN GOOGLE FORMS

1. Evalúe la usabilidad de la pantalla HMI del deshidratador de frutas

 Copiar

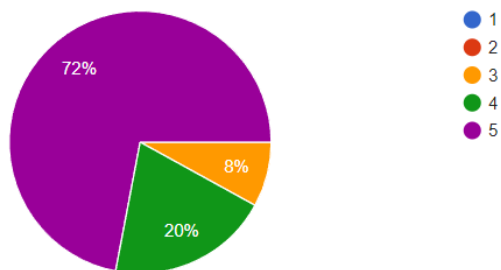
25 respuestas



2. Evalúe la claridad de las instrucciones proporcionadas en la pantalla HMI durante el proceso de deshidratación

 Copiar

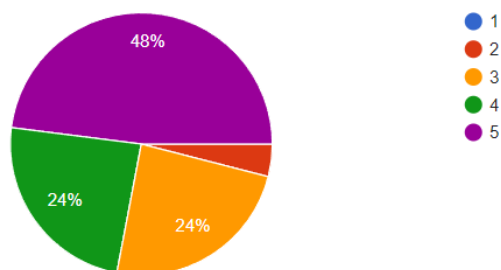
25 respuestas



3. ¿Considera que la variedad de las 10 frutas predefinidas es suficiente para sus necesidades?

 Copiar

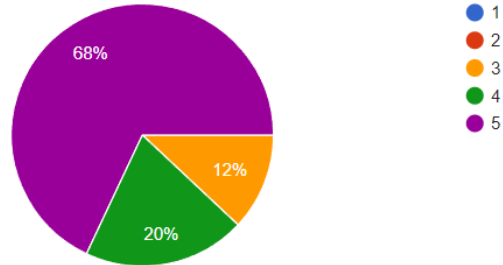
25 respuestas



4. ¿Qué tan intuitivo encontró el proceso de seleccionar una fruta específica en la pantalla HMI?

 Copiar

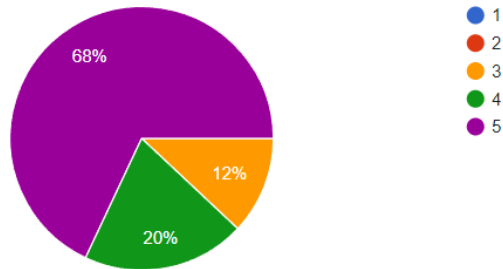
25 respuestas



5. ¿Qué tan fácil fue agregar una nueva fruta a la base de datos del deshidratador?

 Copiar

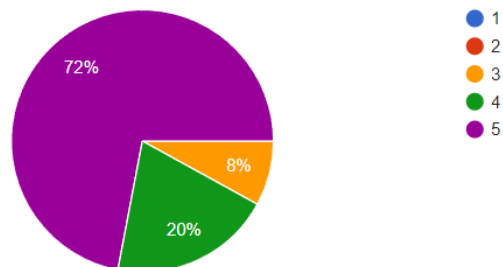
25 respuestas



6. ¿Qué tan sencillo fue monitorear el proceso de deshidratación a través de la aplicación móvil?

 Copiar

25 respuestas

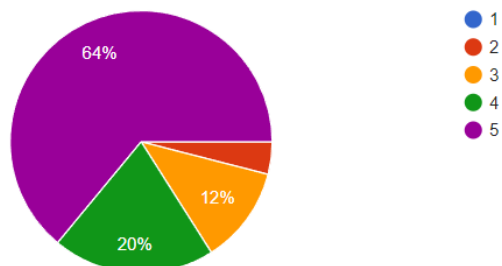




7. ¿Cómo calificaría la velocidad de respuesta de la aplicación móvil durante el monitoreo del proceso?

 Copiar

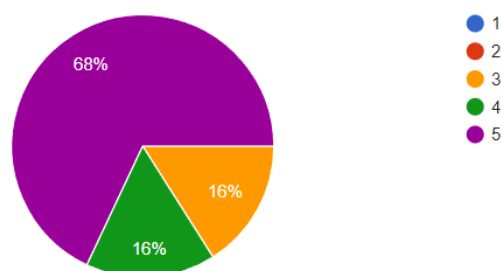
25 respuestas



8. ¿Qué tan satisfecho está con la experiencia general de uso del deshidratador de frutas?

 Copiar

25 respuestas



# CERTIFICADO

Riobamba, 16 de febrero de 2024

A quien corresponda, yo Andrés Gallegos con CI 0603053109, Administrador de la granja integral Lolita Elena, ubicada en el cantón Penipe de la provincia de Chimborazo, tengo bien certificar que se ha verificado que, el dispositivo tecnológico **DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO DESHIDRATADOR DE FRUTOS ENFOCADO A PEQUEÑOS PRODUCTORES** Denominado como “**DEHYDRATOR LC-01**” diseñado por los señores Edison Javier Lirio Sánchez y Edison Mateo Calderón Sánchez estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuenta con un diseño e interfaz de fácil comprensión y utilización para la deshidratación de las frutas (Manzana y Pera) facilitadas por parte de la granja integral.

Es todo en cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.

Atentamente,



Ing. Andrés Gallegos

Mgs. Cadenas Productivas Agroindustriales

ADMINISTRADOR DE LA GRANJA INTEGRAL LOLITA ELENA

## ANEXO V: EVIDENCIAS PRUEBA DE DESGUSTACIÓN

<b>Futra</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Producto A</b>	<b>Producto B</b>	<b>Producto C</b>
Manzana	Color	2	4	3
	Sabor	2	4	3
	Aroma	1	2	4
	Textura	1	2	2
<b>Promedio</b>		1.5	3	3
Banano	Color	4	1	2
	Sabor	4	1	3
	Aroma	5	1	4
	Textura	4	1	2
<b>Promedio</b>		4.25	1	2.75
Piña	Color	4	3	1
	Sabor	5	3	1
	Aroma	4	2	1
	Textura	3	1	2
<b>Promedio</b>		4	2.25	1.25
Fresa	Color	5	3	1
	Sabor	4	3	1
	Aroma	5	2	3
	Textura	4	3	1
<b>Promedio</b>		4.5	2.75	1.5

<b>Futra</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Partida a la mitad</b>	<b>Entera</b>
Uvilla	Color	4	2
	Sabor	5	3
	Aroma	3	5
	Textura	4	1
<b>Promedio</b>		4	2.75

Test realizado por: Lic. Inés Marín

<b>Futra</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Producto A</b>	<b>Producto B</b>	<b>Producto C</b>
Manzana	Color	1	4	2
	Sabor	1	4	2
	Aroma	1	1	4
	Textura	2	3	4
<b>Promedio</b>		1.25	3	3
Banano	Color	5	3	1
	Sabor	4	2	3
	Aroma	3	2	4
	Textura	4	1	3
<b>Promedio</b>		4	2	2.75
Piña	Color	5	3	4
	Sabor	5	3	2
	Aroma	5	3	2
	Textura	5	3	2
<b>Promedio</b>		5	3	2.5
Fresa	Color	5	3	1
	Sabor	5	3	1
	Aroma	4	2	3
	Textura	5	3	1
<b>Promedio</b>		4.75	2.75	1.5

<b>Futra</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Partida a la mitad</b>	<b>Entera</b>
Uvilla	Color	4	2
	Sabor	2	4
	Aroma	4	2
	Textura	4	1
<b>Promedio</b>		3.5	2.25

Test realizado por: Lic. Francisco Chalen

<b>Futra</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Producto A</b>	<b>Producto B</b>	<b>Producto C</b>
Manzana	Color	4	4	5
	Sabor	4	3	4
	Aroma	3	3	4
	Textura	4	4	4
<b>Promedio</b>		3.75	3.5	4.25
Banano	Color	4	3	3
	Sabor	5	3	3
	Aroma	3	3	3
	Textura	4	3	3
<b>Promedio</b>		4	3	3
Piña	Color	5	3	4
	Sabor	5	4	4
	Aroma	5	5	3
	Textura	5	5	4
<b>Promedio</b>		5	4.25	3.75
Fresa	Color	5	4	3
	Sabor	4	4	4
	Aroma	4	4	4
	Textura	4	4	4
<b>Promedio</b>		4.25	4	3.75

<b>Futra</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Partida a la mitad</b>	<b>Entera</b>
Uvilla	Color	5	4
	Sabor	5	4
	Aroma	4	5
	Textura	5	4
<b>Promedio</b>		4.75	4.25

Test realizado por: Marco Polo Santos

## CERTIFICADO



**Luca Cafetería**

Riobamba 17 de febrero del 2024

A quien corresponda, yo Marco Polo Santos Brito con CI 0603555848, **ADMINISTRADOR DE LUCA CAFETERIA, PIZZERIA Y CREPERIA**, una vez realizada la prueba sensorial con calificación basada en escala de Likert mediante degustación tengo a bien certificar que el producto etiquetado con la letra "A" correspondiente a las frutas deshidratadas mediante el **PROTOTIPO ELECTRÓNICO DESHIDRATADOR DE FRUTOS**, denominado "**Dehydrator LC-01**", diseñado por los señores Edison Javier Lirio Sánchez y Edison Mateo Calderón Sánchez estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, tienen un grado de calidad excelente y aceptabilidad "4.25", ya que destacan en cada una de sus propiedades organolépticas en cuanto a color, sabor, aroma y textura a diferencia de los productos "B" y "C" comercializados.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente

Atentamente,



Licenciado en Gestión Gastronómica

Marco Polo Santos Brito

**ADMINISTRADOR DE LUCA CAFETERIA.**

ANEXO X: MANUAL DE USUARIO



MANUAL DE USUARIO  
**DESHIDRATADOR DE FRUTAS**



MODELO: DEHYDRATOR LC-01

## Precauciones Importantes

1. Lea todas las instrucciones.
2. Para protegerse contra incendios, descargas eléctricas y lesiones personales, no sumerja la parte electrónica, el cable o el enchufe en agua o cualquier otro líquido.
3. Asegúrese de que el voltaje de la toma de corriente corresponde con el que aparece en la placa de características.
4. Desenchufe del tomacorriente cuando no esté en uso, antes de colocar o quitar piezas.
5. Durante el funcionamiento, mantenga las manos y el cable lejos de las partes calientes del aparato.
6. No utilice este aparato en exteriores.
7. No permita que el cable cuelgue del borde de la mesa o mostrador, ni que toque superficies calientes.
8. Si el cable de alimentación está dañado, debe ser reemplazado por el fabricante o por un técnico autorizado, a fin de evitar un accidente.
9. No intente reparar este aparato por sus propios medios.
10. No utilice el aparato para otro uso distinto al indicado.
11. Después de terminar el uso de su Deshidratador, coloque el interruptor en posición "OFF", desenchufe y deje que se enfríe.

## Especificaciones técnicas

Modelo	Peso	Voltaje	Frecuencia	Potencia	Rango de temperatura
Dehydrator LC-01	25 Kg	110 V	60 Hz	1600 W	25 °C - 110 °C



## **Antes de usarlo por primera vez**

1. Asegúrese de que todas las piezas están ahí y en buen estado.
2. Lave las tapas y las secciones del aparato. Lavar las secciones en agua tibia añadiendo una pequeña cantidad de detergentes para lavar platos. Limpie la parte electrónica con la ayuda de un trapo húmedo (no lo ponga en agua y ni lo lave).
3. Lea atentamente las instrucciones de uso y los puntos de seguridad a tener en cuenta.

## **Instrucciones de uso**

1. Enchufe el equipo y coloque en interruptor en la posición ON, espere a que se prenda la pantalla.
2. Una vez encendido el equipo presione en "COMENZAR" en la pantalla HMI.
3. Ingrese usando el correo: **dehydratorlc.01@gamil.com** y la contraseña: **Tesis2024**, presione dos veces en "INGRESAR". En caso que desee utilizar su propio correo y contraseña utilice la aplicación móvil para crearlo y que se registre en la base de datos.
4. Una vez ingresado al menú principal encontrará varias opciones, como Deshidratar, Agregar fruta, Monitoreo, Opciones y Cerrar sesión, explore cada una de ellas.
5. Antes de empezar un proceso de deshidratado seleccione la opción de "Deshidratar", y escoja de entre las 10 opciones la que desea y lea la instrucción de pretratamiento de la fruta. Si desea realizar el deshidratado de una fruta agregada por el usuario seleccione la opción "Frutas agregadas por el usuario". Recuerde que cada usuario tiene su base de datos independiente.
6. Una vez pretratada la fruta colóquela en las bandejas, asegúrese que las mismas estén bien colocadas.
7. Seleccione la opción "DESHIDRATAR" aparecerá un mensaje de confirmación.

8. Empezará el proceso y se mostrará la pantalla de monitoreo donde se muestra el tiempo restante en horas, minutos y segundos, la temperatura y la humedad relativa dentro de la cámara de deshidratado, además se encenderá una luz verde que indica que hay un proceso activo.
9. Si desea cancelar el proceso deberá hacerlo presionando en la parte que se indica, le aparecerá un mensaje de confirmación, se deberá esperar a que la luz verde se apague, antes de salir de la pantalla, esto indica que el proceso ha sido cancelado.
10. Una vez terminado el tiempo aparece una pantalla indicando el final de proceso, además se apagará el led verde y le llegará una notificación en la aplicación móvil.
11. Es importante apagar el dispositivo una vez terminado el proceso y esperar al menos 30 minutos antes de empezar un nuevo proceso.
12. Es relevante mencionar que la aplicación móvil permitirá monitorear el proceso de manera remota, además tendrá la opción de agregar nuevas frutas a la base de datos.
13. En la opción de agregar fruta se le pedirá al usuario ingresar el nombre de la fruta, el cuál deberá ser ingresado sin tildes ni eñes, además se pedirá la temperatura y tiempo de deshidratado. Es importante mencionar que la temperatura máxima a ingresar será de 110 °C, una vez ingresado los parámetros se debe presionar en "Agregar fruta" y esperar a que se confirme que los nuevos parámetros han sido guardados en la base de datos, la nueva fruta podrá ser buscada desde la opción de "Deshidratar" del menú principal.

### **Consejos de temperatura**



Para un correcto proceso de deshidratado las frutas preestablecidas se deshidratarán a 57 °C, esta temperatura es la ideal para frutas según varios autores. Sin embargo, se pueden utilizar otras temperaturas.

**Rango de temperatura para frutas: 50 °C – 60 °C**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 22 / 03 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> EDISON JAVIER LIRIO SÁNCHEZ EDISON MATEO CALDERÓN SÁNCHEZ
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b> ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>Título a optar:</b> INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
 <b>Ing. Sandra Gabriela Barraqueta Rojas</b> <b>Directora del Trabajo de Titulación</b>  <b>Ing. José Enrique Guerra Salazar</b> <b>Asesor del Trabajo de Titulación</b>