



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO  
GERMINADOR DE SEMILLAS APLICADO PARA LA PRODUCCIÓN DE  
BROTOS PARA EL ÁREA ALIMENTICIA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORAS:**

JESHICA YADIRA MOYON SATAN

CARMEN LILIANA REINO CUJI

Riobamba - Ecuador

2023



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO  
GERMINADOR DE SEMILLAS APLICADO PARA LA PRODUCCIÓN DE  
BROTOS PARA EL ÁREA ALIMENTICIA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORAS: JESHICA YADIRA MOYON SATAN**

**CARMEN LILIANA REINO CUJI**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR**

Riobamba - Ecuador

2023

**©2023, Jeshica Yadira Moyon Satan, Carmen Liliana Reino Cuji**

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 del Autor.

Nosotras, Jeshica Yadira Moyon Satan y Carmen Liliana Reino Cuji, 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 autoras 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, 21-03-2023



**Jeshica Yadira Moyon Satan**

060421124-3

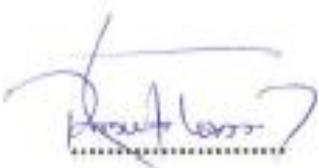


**Carmen Liliana Reino Cuji**

060508805-3

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación, Tipo: Dispositivo Tecnológico, **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO GERMINADOR APLICADO PARA LA PRODUCCIÓN DE BROTES PARA EL ÁREA ALIMENTICIA**, realizado por las señoritas **JESHICA YADIRA MOYON SATAN** y **CARMEN LILIANA REINO CUJI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales , en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yanez <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		<b>2023-03-21</b>
Ing. José Enrique Guerra Salazar <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		<b>2023-03-21</b>
Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		<b>2023-03-21</b>

## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo de Integración Curricular está dedicado a mi Dios, por haberme guiado e iluminado en todas las decisiones de mi vida, a mis padres Juan y Gladys, pero de manera especial a mi madre ya que, gracias a su esfuerzo, sus consejos y palabras de aliento me inspiró a culminar esta meta importante en mi vida, les agradezco infinitamente por brindarme ese amor y apoyo incondicional hoy, mañana y siempre. A mis hermanas Shirley y Carmita por darme fortaleza en todo momento. A Daniel por ser mi soporte y darme ánimos para seguir adelante, gracias a todos ustedes que han estado pendiente de mi en esta etapa politécnica.

**Jeshica**

El presente Trabajo de Integración Curricular está dedicado principalmente a mi padre del cielo todo poderoso que ha sido mi fortaleza. A mis padres José y Rosa que son mi razón de vida, lucha, mi motor para seguir adelante y mi mayor tesoro, pero sobre todo me han dado su apoyo durante mi proceso de formación personal y académica y no han dejado que me rinda. A mi hermana Jessica. A mi madrina Carmita por ser una segunda madre para mí y a todas las personas que han estado presentes durante este proceso.

**Carmen**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por concederme salud y vida, por brindarme fortaleza y perseverancia para seguir adelante en los momentos difíciles de la carrera y no decaer hasta culminar mi carrera. A mis padres, hermanas por darme el apoyo moral y el ánimo necesario para cumplir esta meta. Agradezco a mi querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Facultad de Electrónica y Automatización por haberme abierto las puertas para poder formarme profesionalmente. A mis profesores por compartirme sus conocimientos y experiencias, de manera especial a mi director de trabajo de integración curricular Ing. José Guerra y al asesor del tribunal Ing. Edwin Altamirano, quienes me guiaron de los semestres iniciales hasta el final de la carrera propiciando siempre un ambiente de confianza entre docente - alumna y sobre todo por su ayuda incondicional y el tiempo que emplearon durante el desarrollo de este trabajo de integración curricular.

Jeshica

Agradezco de todo corazón a mi padre del cielo porque nunca me abandono pedí con fe, confié, creí y su mano poderosa y milagrosa estaba ahí siempre dándome la fuerza y el aliento que necesitaba. A mi padre por ser mi ejemplo de lucha, perseverancia y enseñarme que en esta vida es bueno y necesario aprender de todo, a mi madre el ser más dulce que sin su apoyo, amor y cariño no hubiera llegado hasta aquí, a mi hermana por su apoyo moral. A mi madrina querida por preocuparse y estar pendiente de mí cuidándome, por sus consejos y su ayuda incondicional. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de ser parte de ella y poder formarme académicamente, a los docentes que han estado presentes durante mi proceso de aprendizaje, en especial al Ing. José Guerra, docente tutor para la elaboración del presente trabajo de integración curricular y más que un docente impartir un ambiente de confianza. Agradezco a mi familia y amigos por todo el apoyo que me han brindado.

Carmen

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN	
SUMMARY	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I	
1.    DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.    Planteamiento del problema.....	3
1.1.1.    Sistematización del problema.....	4
1.2.    Justificación .....	4
1.2.1.    Justificación Teórica.....	4
1.2.2.    Justificación Aplicativa.....	6
1.3.    Objetivos.....	7
1.3.1.    Objetivo general.....	7
1.3.2.    Objetivos específicos .....	7
CAPÍTULO II	
2.    MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.    Realidad en la zona.....	8
2.2.    Generalidades de los brotes alimenticios.....	11
2.2.1.    Tipos de brotes alimenticios .....	11
2.2.2.    Características nutricionales.....	12
2.2.3.    Producción de los germinados .....	14
2.2.4.    Análisis comparativo entre brotes alimenticios .....	17
2.3.    Factores de microclima que implican en el procedimiento de germinación .....	19
2.3.1.    Equipos electrónicos germinadores comerciales.....	20
2.3.2.    Normativa .....	21
2.3.3.    Germinadores comerciales a nivel mundial .....	21
2.3.4.    Investigaciones a nivel nacional.....	23
2.3.5.    Arquitectura de los dispositivos estudiados .....	25
2.4.    Tecnologías de comunicación inalámbrica.....	26
2.4.1.    Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas .....	26
2.5.    Bloque de ventilación .....	27

2.5.1.	<i>Tipos de ventiladores</i> .....	27
2.5.2.	<i>Análisis comparativo de ventiladores</i> .....	28
2.6.	<b>Sistema de riego mediante microaspersión</b> .....	29
2.6.1.	<i>Electroválvula</i> .....	29
2.6.2.	<i>Bomba de agua con diafragma</i> .....	30
2.7.	<b>Bloque de calefacción</b> .....	30
2.7.1.	<i>Tipo de calefacción</i> .....	30
2.7.2.	<i>Análisis comparativo de calefactores</i> .....	31
2.8.	<b>Bloque de iluminación por diodo Led</b> .....	31
2.9.	<b>Bloque de sensores</b> .....	32
2.9.1.	<i>Análisis comparativo de sensores</i> .....	33
2.10.	<b>Bloque de alimentación</b> .....	33
2.10.1.	<i>Red eléctrica</i> .....	34
2.10.2.	<i>Sistema de respaldo baterías</i> .....	34
2.10.3.	<i>Análisis comparativo de baterías</i> .....	35
2.11.	<b>Tarjetas de desarrollo</b> .....	36
2.11.1.	<i>Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo</i> .....	36
2.12.	<b>Material de estructura parte interna y externa</b> .....	37
2.12.1.	<i>Análisis comparativo del material estructural interno y externo</i> .....	38
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	39
3.1.	<b>Requerimientos del Germinador PRO</b> .....	39
3.1.1.	<i>Etapa de adquisición de datos</i> .....	42
3.1.2.	<i>Etapa de control y recepción</i> .....	43
3.1.3.	<i>Arduino mega 2560 PRO</i> .....	44
3.1.4.	<i>ESP8266 Wemos D1 mini</i> .....	45
3.1.5.	<i>Sensor FS200-SHT1</i> .....	46
3.1.6.	<i>Sensor de luz digital BH1750</i> .....	47
3.1.7.	<i>Monster Moto Shield</i> .....	48
3.1.8.	<i>Calefactor eléctrico PTC</i> .....	49
3.1.9.	<i>Ventilador axial Wathai</i> .....	50
3.1.10.	<i>Iluminación LED Dhin</i> .....	51
3.1.11.	<i>Microaspersor Uxcell</i> .....	51
3.1.12.	<i>Otros elementos</i> .....	52
3.1.13.	<i>Batería para el Germinador PRO</i> .....	57
3.2.	<b>Esquema de conexión electrónica del Germinador PRO</b> .....	60
3.2.1.	<i>Esquema de conexión del bloque de alimentación</i> .....	60

3.2.2.	<i>Esquema de la conexión electrónica</i> .....	61
3.3.	<b>Software de desarrollo para el Germinador PRO</b> .....	63
3.3.1.	<i>Software de desarrollo</i> .....	63
3.3.2.	<i>Base de datos en Firebase</i> .....	64
3.3.3.	<i>Realtime Database “Germinador PRO”</i> .....	66
3.3.4.	<i>Programas software del Germinador PRO</i> .....	67
3.3.5.	<i>Diagrama de flujo del ESP8266</i> .....	70
3.4.	<b>Interfaz gráfica del bloque de visualización de la información</b> .....	73
3.4.1.	<i>Interfaz de visualización app móvil</i> .....	73
3.4.2.	<i>Interfaz de visualización de la información – HMI</i> .....	75
3.5.	<b>Diseño estructural del prototipo</b> .....	76
3.5.1.	<i>Diseño de la estructura</i> .....	76
3.5.2.	<i>Recubrimiento interno</i> .....	77
3.5.3.	<i>Recubrimiento externo</i> .....	79
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4.	<b>VALIDACIÓN DE PROTOTIPO</b> .....	80
4.1.	<b>Pruebas del hardware implementado</b> .....	80
4.2.	<b>Consideraciones generales</b> .....	80
4.3.	<b>Validación de los sensores de la etapa de adquisición de datos</b> .....	81
4.3.1.	<i>Validación del sensor de temperatura FS200-STH1</i> .....	81
4.3.2.	<i>Validación del sensor de Humedad FS200-STH1</i> .....	84
4.3.3.	<i>Validación del sensor de luminosidad BH1750</i> .....	85
4.4.	<b>Estabilidad de sensores</b> .....	87
4.4.1.	<i>Estabilidad de sensores: FS200-STH1 y BH1750</i> .....	87
4.5.	<b>Integridad de la información</b> .....	88
4.6.	<b>Caracterización del monitoreo remoto en modo acceso técnico</b> .....	91
4.6.1.	<i>Pruebas de integridad de información de los actuadores hacia la base de datos</i> ....	91
4.7.	<b>Envío de notificaciones de aviso</b> .....	92
4.8.	<b>Prueba de registro de usuarios</b> .....	93
4.9.	<b>Pruebas de alimentación del Germinador PRO</b> .....	94
4.9.1.	<i>Consumo energético del Germinador PRO</i> .....	94
4.9.2.	<i>Carga y descarga de la batería</i> .....	96
4.10.	<b>Pruebas de producción de brotes</b> .....	97
4.10.1.	<i>Antes de la germinación</i> .....	97
4.10.2.	<i>Después de la germinación</i> .....	98
4.11.	<b>Prueba de funcionamiento y usabilidad</b> .....	99
4.12.	<b>Prueba de aceptabilidad y calidad de brotes</b> .....	103

<i>4.12.1. Prueba afectiva</i> .....	103
<i>4.12.2. Prueba descriptiva</i> .....	105
<b>4.13. Análisis económico del Germinador PRO</b> .....	106
<i>4.13.1. Costo- beneficio de producción</i> .....	108
<b>CONCLUSIONES</b> .....	110
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	113
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Desnutrición en países Sudamericanos.....	<b>9</b>
<b>Tabla 2-2:</b>	Clasificación y tipos de brotes alimenticios .....	<b>12</b>
<b>Tabla 3-2:</b>	Características nutricionales de los germinados de legumbres.....	<b>13</b>
<b>Tabla 4-2:</b>	Características nutricionales de los germinados de cereales .....	<b>13</b>
<b>Tabla 5-2:</b>	Parámetros de activación de las semillas en la fase de hidratación.....	<b>15</b>
<b>Tabla 6-2:</b>	Germinación de semillas .....	<b>16</b>
<b>Tabla 7-2:</b>	Tiempo de cosecha y sabor de los brotes .....	<b>17</b>
<b>Tabla 8-2:</b>	Análisis comparativo entre brotes de diferentes semillas.....	<b>17</b>
<b>Tabla 9-2:</b>	Temperaturas óptimas de germinación de algunas semillas.....	<b>19</b>
<b>Tabla 10-2:</b>	Humedad relativa según las fases de producción de brote. ....	<b>20</b>
<b>Tabla 11-2:</b>	Luminosidad según las fases de producción del brote.....	<b>20</b>
<b>Tabla 12-2:</b>	Especificaciones de los germinadores de acuerdo a estándares internacionales.....	<b>21</b>
<b>Tabla 13-2:</b>	Comparativa de tecnologías inalámbricas .....	<b>27</b>
<b>Tabla 14-2:</b>	Comparativa entre las características de los ventiladores.....	<b>28</b>
<b>Tabla 15-2:</b>	Comparativa de características entre tipos de calefactores.....	<b>31</b>
<b>Tabla 16-2:</b>	Comparativa entre las características de los sensores.....	<b>33</b>
<b>Tabla 17-2:</b>	Comparativa de las características entre los tipos baterías.....	<b>35</b>
<b>Tabla 18-2:</b>	Comparativa entre tarjetas de desarrollo .....	<b>37</b>
<b>Tabla 19-2:</b>	Comparativa del material de la estructura de la parte interna y externa....	<b>38</b>
<b>Tabla 1-3:</b>	Principales especificaciones técnicas del Arduino mega 2560 PRO.....	<b>44</b>
<b>Tabla 2-3:</b>	Principales especificaciones técnicas del ESP8266 Wemos D1 mini .....	<b>45</b>
<b>Tabla 3-3:</b>	Principales especificaciones técnicas del sensor FS200-SHT1 .....	<b>47</b>
<b>Tabla 4-3:</b>	Principales especificaciones técnicas del Sensor de luz digital BH1750 ..	<b>48</b>
<b>Tabla 5-3:</b>	Principales especificaciones técnicas del Monster Moto Shield .....	<b>49</b>
<b>Tabla 6-3:</b>	Principales especificaciones técnicas calefactor PTC .....	<b>50</b>
<b>Tabla 7-3:</b>	Principales especificaciones técnicas del ventilador axial Wathai .....	<b>50</b>
<b>Tabla 8-3:</b>	Principales especificaciones técnicas de la iluminación LED Dhin.....	<b>51</b>
<b>Tabla 9-3:</b>	Especificaciones técnicas principales de bomba de agua con diafragma ..	<b>55</b>
<b>Tabla 10-3:</b>	Principales especificaciones técnicas Nextion pantalla inteligente NX8048P070- 011C-Y HMI.....	<b>56</b>
<b>Tabla 11-3:</b>	Cálculo de consumo de corriente del germinador PRO.....	<b>58</b>
<b>Tabla 12-3:</b>	Principales especificaciones técnicas de la Batería .....	<b>59</b>
<b>Tabla 13-3:</b>	Medidas importantes para la estructura .....	<b>76</b>

<b>Tabla 1-4:</b>	Error relativo porcentual entre el valor de temperatura referencial del equipo patrón y el valor de temperatura medida por el sensor FS200-SHT1 del germinador PRO.....	<b>83</b>
<b>Tabla 2-4:</b>	Error relativo porcentual entre los valores de humedad relativa referencial medida por el equipo patrón y el sensor FS200-STH1 del Germinador PRO .....	<b>84</b>
<b>Tabla 3-4:</b>	Error relativo porcentual entre el valor de referencial medida por el equipo patrón y el valor de luminosidad medida por el sensor BH1750 del Germinador PRO.....	<b>86</b>
<b>Tabla 4-4:</b>	Prueba de estabilidad de los sensores FS200-STH1 y BH1750 .....	<b>88</b>
<b>Tabla 5-4:</b>	Descripción de datos enviados .....	<b>89</b>
<b>Tabla 6-4:</b>	Integridad de datos entre los datos enviados y los datos recibidos.....	<b>90</b>
<b>Tabla 7-4:</b>	Pruebas de transmisión de la información .....	<b>92</b>
<b>Tabla 8-4:</b>	Consumo de corriente del Germinador PRO .....	<b>95</b>
<b>Tabla 9-4:</b>	Consumo eléctrico individual y total del Germinador PRO .....	<b>95</b>
<b>Tabla 10-4:</b>	Producción de brotes de: Lenteja, Alfalfa, Quinoa.....	<b>98</b>
<b>Tabla 11-4:</b>	Escala hedónica de 7 puntos de categorización.....	<b>103</b>
<b>Tabla 12-4:</b>	Test efectuado por el Chef. Jorge Gallegos .....	<b>105</b>
<b>Tabla 13-4:</b>	Calificación según el criterio del profesional .....	<b>106</b>
<b>Tabla 14-4:</b>	Análisis económico para la construcción del Germinador PRO.....	<b>106</b>
<b>Tabla 15-4:</b>	Tabla comparativa entre el germinador PRO y la cámara de germinación de semillas.....	<b>107</b>
<b>Tabla 16-4:</b>	Tabla de costo beneficio de producción .....	<b>108</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Causas de desnutrición.....	8
<b>Ilustración 2-2:</b>	Tasas de desnutrición por regiones y áreas del Ecuador.....	10
<b>Ilustración 3-2:</b>	Desnutrición crónica en menores de cinco años .....	10
<b>Ilustración 4-2:</b>	Fases de germinación de semillas .....	14
<b>Ilustración 5-2:</b>	Hidratación de la semilla .....	14
<b>Ilustración 6-2:</b>	Germinación de la semilla .....	15
<b>Ilustración 7-2:</b>	Brote de Alfalfa .....	115
<b>Ilustración 8-2:</b>	Germinador Kenton .....	22
<b>Ilustración 9-2:</b>	Germinador Mangersdorf TE-406 .....	22
<b>Ilustración 10-2:</b>	Germinador con fotoperíodo TE-4000-1 .....	23
<b>Ilustración 11-2:</b>	Germinador de semillas de cereales UTC.....	24
<b>Ilustración 12-2:</b>	Cámara germinadora y enraizamiento .....	24
<b>Ilustración 13-2:</b>	Arquitectura de los dispositivos estudiados .....	25
<b>Ilustración 14-2:</b>	Tipos de ventiladores. ....	28
<b>Ilustración 15-2:</b>	Microaspersión.....	29
<b>Ilustración 16-2:</b>	Tipos de calefactores .....	30
<b>Ilustración 17-2:</b>	Diodo Led .....	32
<b>Ilustración 18-2:</b>	Tipos de sensores .....	32
<b>Ilustración 19-2:</b>	Horas de desconexión de suministro eléctrico en Ecuador.....	34
<b>Ilustración 20-2:</b>	Tipos de materia de la estructura .....	37
<b>Ilustración 1-3:</b>	Concepción general del prototipo .....	41
<b>Ilustración 2-3:</b>	Diagrama de bloques del módulo de adquisición de datos .....	42
<b>Ilustración 3-3:</b>	Diagrama de bloques del módulo de control y recepción .....	43
<b>Ilustración 4-3:</b>	Arduino mega 2560 PRO.....	44
<b>Ilustración 5-3:</b>	ESP8266 Wemos D1 mini con antena inalámbrica WiFi .....	45
<b>Ilustración 6-3:</b>	Sensor FS200-SHT1 .....	46
<b>Ilustración 7-3:</b>	Sensor de luz digital BH1750 .....	47
<b>Ilustración 8-3:</b>	Monster Moto Shield .....	48
<b>Ilustración 9-3:</b>	Calefactor de aire PTC.....	49
<b>Ilustración 10-3:</b>	Ventilador axial Wathai .....	50
<b>Ilustración 11-3:</b>	Iluminación LED Dhin .....	51
<b>Ilustración 12-3:</b>	Microaspersor Uxcell.....	52
<b>Ilustración 13-3:</b>	Convertidor DC-DC MP2307 .....	52
<b>Ilustración 14-3:</b>	Puente H L298N .....	53
<b>Ilustración 15-3:</b>	Electroválvula JELPEC DC 12V, 3W .....	53

<b>Ilustración 16-3:</b>	Módulo relé 4 canales .....	<b>54</b>
<b>Ilustración 17-3:</b>	Buzzer .....	<b>54</b>
<b>Ilustración 18-3:</b>	Bomba de agua con diafragma.....	<b>54</b>
<b>Ilustración 19-3:</b>	Nextion pantalla inteligente NX8048P070-011C-Y HMI .....	<b>55</b>
<b>Ilustración 20-3:</b>	Fuente de alimentación o fuente de poder .....	<b>56</b>
<b>Ilustración 21-3:</b>	Fuente de alimentación YUHAN.....	<b>57</b>
<b>Ilustración 22-3:</b>	Bandeja germinadora .....	<b>57</b>
<b>Ilustración 23-3:</b>	Batería Bless Power LP12-12 .....	<b>59</b>
<b>Ilustración 24-3:</b>	Diagrama de conexión del bloque de alimentación .....	<b>60</b>
<b>Ilustración 25-3:</b>	Esquema de conexión electrónica.....	<b>62</b>
<b>Ilustración 26-3:</b>	Esquema de conexión electrónica.....	<b>62</b>
<b>Ilustración 27-3:</b>	PCB física del Germinador PRO .....	<b>63</b>
<b>Ilustración 28-3:</b>	Creación de la base datos en Firebase.....	<b>65</b>
<b>Ilustración 29-3:</b>	Pasos para vincular la base de datos con la ESP8266 Wemos D1 Mini ...	<b>66</b>
<b>Ilustración 30-3:</b>	Pasos para vincular la base de datos con la ESP8266 Wemos D1 Mini ...	<b>67</b>
<b>Ilustración 31-3:</b>	Diagrama de flujo del germinador PRO .....	<b>70</b>
<b>Ilustración 32-3:</b>	Diagrama de flujo del ESP8266.....	<b>72</b>
<b>Ilustración 33-3:</b>	Menú de selección de semilla a germinar en app móvil .....	<b>73</b>
<b>Ilustración 34-3:</b>	Interfaz para la selección de la semilla a germinar .....	<b>74</b>
<b>Ilustración 35-3:</b>	Interfaz de usuario para la selección de la semilla a germinar.....	<b>75</b>
<b>Ilustración 36-3:</b>	Interfaz gráfica creada en Hmi Nextion Editor.....	<b>76</b>
<b>Ilustración 38-3:</b>	Diseño de la estructura.....	<b>77</b>
<b>Ilustración 39-3:</b>	Vista frontal Germinador PRO .....	<b>78</b>
<b>Ilustración 40-3:</b>	Vista posterior Germinador PRO.....	<b>78</b>
<b>Ilustración 41-3:</b>	Vista superior Germinador PRO.....	<b>79</b>
<b>Ilustración 43-3:</b>	Simulación del Germinador PRO en Solidwork .....	<b>79</b>
<b>Ilustración 1-4:</b>	a) Componentes constitutivos del prototipo b) Germinador PRO ensamblado.....	<b>80</b>
<b>Ilustración 2-4:</b>	Termohigrómetro comercial BOECO Germany BOE-327.....	<b>82</b>
<b>Ilustración 3-4:</b>	Evidencia de muestra del equipo patrón BOECO Germany BOE-327 y el sensor FS200-STH1 del Germinador PRO .....	<b>82</b>
<b>Ilustración 4-4:</b>	Evidencia de muestra tomada por la app móvil Lux Light Meter Pro y el sensor BH1750 del Germinador PRO .....	<b>86</b>
<b>Ilustración 5-4:</b>	Integridad de la información .....	<b>89</b>
<b>Ilustración 6-4:</b>	a) Pantalla serial de arduino. b) Firebase con cambio de estado a ON del proceso de encendido del ventilador .....	<b>91</b>
<b>Ilustración 7-4:</b>	Mensajes de notificación.....	<b>93</b>

<b>Ilustración 8-4:</b>	Pantalla de registro de la aplicación móvil .....	<b>94</b>
<b>Ilustración 9-4:</b>	Características de descarga de la batería.....	<b>96</b>
<b>Ilustración 10-4:</b>	Proceso de pesaje .....	<b>97</b>
<b>Ilustración 11-4:</b>	Peso en gramos después de germinar.....	<b>98</b>
<b>Ilustración 12-4:</b>	Implementación del prototipo en MIA LOUNG & RESTAURANT .....	<b>99</b>
<b>Ilustración 13-4:</b>	Encendido del prototipo.....	<b>100</b>
<b>Ilustración 14-4:</b>	Ingreso de clave .....	<b>100</b>
<b>Ilustración 15-4:</b>	Ubicación de semillas le lenteja en bandeja de germinación.....	<b>101</b>
<b>Ilustración 16-4:</b>	Selección de semilla a germinar .....	<b>101</b>
<b>Ilustración 17-4:</b>	Germinación de brote de lenteja .....	<b>102</b>
<b>Ilustración 18-4:</b>	Notificación de germinación de brote listo .....	<b>102</b>
<b>Ilustración 19-4:</b>	Prueba de calidad de brotes.....	<b>104</b>
<b>Ilustración 20-4:</b>	Degustación de producto “O” y “E” .....	<b>104</b>
<b>Ilustración 21-4:</b>	Evidencia de la prueba descriptiva .....	<b>105</b>

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b>	Duración en horas de una batería.....	59
<b>Ecuación 2:</b>	Consumo eléctrico en kilo watts por hora (kWh) .....	95

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b>	Hoja de datos del Arduino mega 2560 PRO.....	126
<b>ANEXO B:</b>	Hoja de datos del ESP8266 Wemos D1mini .....	127
<b>ANEXO C:</b>	Hoja de datos del sensor FS200-SHT1 .....	128
<b>ANEXO D:</b>	Hoja de datos del sensor digital BH1750 .....	129
<b>ANEXO E:</b>	Hoja de datos del Monster Moto Shield .....	130
<b>ANEXO F:</b>	Hoja de datos de calefactor PTC .....	131
<b>ANEXO G:</b>	Hoja de datos del ventilador axial Wathai .....	132
<b>ANEXO H:</b>	Hoja de datos de la pantalla Nextio NX8048P070-011C-Y .....	133
<b>ANEXO I:</b>	Especificaciones técnicas de la batería Bless Power LP12-12 .....	135
<b>ANEXO J:</b>	Creación de base de datos en Firabase .....	136
<b>ANEXO K:</b>	Código en Arduino Ide 2.0.3 del Arduino Mega 2560 PRO .....	137
<b>ANEXO L:</b>	Código en Arduino IDE 2.0.3 del ESP8266 .....	139
<b>ANEXO M:</b>	Programación el desarrollo de la app móvil del Germinador PRO .....	140
<b>ANEXO N:</b>	Programación de la interfaz HMI .....	142
<b>ANEXO O:</b>	Diseño del plano de la estructura del Germinador PRO.....	143
<b>ANEXO P:</b>	Especificaciones técnicas del equipo patrón Termohigrómetro BOECO Germany BOE-327.....	144
<b>ANEXO Q:</b>	Evidencia de validación del prototipo .....	145
<b>ANEXO R:</b>	Evidencia de validación del prototipo .....	146
<b>ANEXO S:</b>	Pruebas de integridad de información .....	147
<b>ANEXO T:</b>	Pruebas de caracterización del monitoreo remoto en modo acceso técnico ....	148
<b>ANEXO U:</b>	Pruebas de consumo de corriente .....	149
<b>ANEXO V:</b>	Prueba de producción de brotes antes de la germinación .....	149
<b>ANEXO W:</b>	Prueba de producción de brotes de semillas en el Germinador PRO .....	152
<b>ANEXO X:</b>	Prueba de producción de brotes después de la germinación.....	155
<b>ANEXO Y:</b>	Prueba de usabilidad.....	158
<b>ANEXO Z:</b>	Prueba de calidad: Descriptiva y afectiva .....	159
<b>ANEXO AA:</b>	Prueba de calidad de brotes .....	160

## RESUMEN

Se diseñó e implementó un prototipo electrónico germinador de semillas aplicado para la producción de brotes para el área alimenticia. Consta de cuatro etapas: adquisición de datos, actuación, control y recepción; y visualización de la información. La primera etapa recoge la información referente a temperatura, humedad relativa y luminosidad; la etapa de actuación se encarga de estabilizar el microclima del germinador. La etapa de control y recepción está constituida por un Arduino mega 2560 PRO el cual se encarga de recibir y procesar la información. Finalmente, la última etapa consiste en la supervisión mediante un interfaz humano máquina (HMI) creada en Nextion Editor y monitoreo remoto de los parámetros del microclima del germinador mediante una aplicación móvil desarrollada en Android Studio. De las pruebas realizadas sobre caracterización de los sensores de temperatura, humedad y luminosidad se obtuvo errores relativos porcentuales del 1.90%, 1.85% y 0.57% respectivamente, estableciéndose que los resultados están entre “bueno” y “muy bueno”. De las pruebas de repetitividad del prototipo en base al coeficiente de variación se determinó un valor máximo de 0.88%, lo que implica poca variabilidad según reporte de autores. Según expertos en el área alimenticia, que aplicaron las pruebas de calidad en el brote producido con el prototipo determinaron su excelente calidad, con un grado de aceptabilidad “7” que define las mejores características organolépticas muy superior a productos comercializados en la zona, de lo analizado se concluye que el prototipo desarrollado es competitivo con equipos comerciales similares. Se recomienda incorporar inteligencia artificial al prototipo, que facilite la calidad en la selección de las semillas antes y durante el proceso de germinación.

**Palabras clave:** <AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS>, <INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS>, <MICROCLIMA>, <BROTE DE SEMILLAS>, <EXACTITUD>, <PRECISIÓN>, <VARIABILIDAD>, <COEFICIENTE DE VARIACIÓN>.



## ABSTRACT

It was designed and implemented an electronic seed germinating prototype applied for the production of sprouts for the food field. It consists of four stages: data acquisition, action, control and reception: and information display. The first stage collects the information regarding temperature, relative humidity and luminosity, the action stage is responsible for stabilizing the microclimate of the germinator. The control and reception stage is made up of an Arduino mega 2560 PRO which is in charge of receiving and processing the information. Finally, the last stage consists of supervision through a human machine interface (HMI) created in Nextion Editor and remote monitoring of the microclimate parameters of the germinator through a mobile application developed in Android Studio. From the tests carried out on the characterization of the temperature, humidity and luminosity sensors, relative percentage errors of 1.90%, 1.85% and 0.12% respectively were obtained. establishing that the results are between "good" and "very good". From the repeatability tests of the prototype based on the coefficient of variation, a maximum value of 0.88% was determined, which implies little variability according to the authors' report. According to experts in the food area, who applied quality tests on the sprout produced with the prototype, determined its excellent quality, with a degree of acceptability "7" that defines the best organoleptic characteristics, much higher than products marketed in the area. From what has been analyzed, it is concluded that the developed prototype is competitive with similar commercial teams. It is recommended to incorporate artificial intelligence to the prototype, which facilitates the quality in the selection of the seeds before and during the germination process.

**Keywords:** <PROCESS AUTOMATION>, <FOOD INDUSTRY>, <MICROCLIMATE>  
<SEED SPROUT>, <ACCURACY>, <PRECISION>, <VARIABILITY>, <COEFFICIENT OF VARIATION>



Lid. Nelly Padilla P.  
0603818717  
DOCENTE FIE

## INTRODUCCIÓN

La desnutrición es un problema social, se refiere a una deficiente nutrición debido a una mala ingesta de alimentos nutritivos, provocando un desequilibrio en el aporte nutricional, energía y requerimientos corporales necesarios para crecer y realizar funciones específicas (INCAP, 2013).

Según un reporte realizado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), incluido el Programa Mundial de la Salud (PMA), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), informan que los niveles mundiales de hambre y la desnutrición aumentaron drásticamente en los dos últimos años. Existe actualmente 768 millones de personas desnutridas, distribuidas de la siguiente manera: 418 millones en Asia, 282 millones en África y 60 millones en América Latina y el Caribe (LA REPÚBLICA, 2021).

Ecuador tiene la segunda tasa más alta de desnutrición crónica después de Guatemala (UNICEF, 2021). Esto representa un panorama preocupante, ya que afecta a un cuarto de la población menor de cinco años. Este problema se vuelve más alarmante cuando se desglosa por regiones, etnia y educación de la madre (Rivera, 2019).

Desde 1993, Ecuador ha llevado alrededor 12 programas vinculados a la salud y nutrición. Actualmente, se desarrolla el proyecto “Ecuador Libre de Desnutrición Infantil”, que se está ejecutando desde el 2022 y finalizará en el 2025 (UNICEF, 2022).

Los brotes de semilla se presentan como una alternativa de alimentación saludable, son utilizados por su alto valor nutricional y medicinal desde la antigüedad. Los pueblos asiáticos germinaban las semillas de soya, mungo y cebada como suplemento nutricional fijo en su dieta, siendo la fuente principal de su alimentación y logrando vivir más de un siglo. Se conoce que el Emperador de China redactaba escritos acerca de hierbas medicinales y los frijoles germinados, prescribiendo su utilidad para dolencias como edemas, contracciones musculares, deficiencias en el funcionamiento del aparato digestivo, problemas pulmonares, etc. (Racines, 2011).

En la Primera Guerra Mundial, cuando las tropas inglesas permanecieron en África, su alimentación se basó principalmente: en cerveza de avena, cerveza de mijo a partir de granos germinados de habichuelas y lentejas (Rivera, 2016). Durante la Segunda Guerra Mundial, en los EE. UU construyeron espacios para germinar brotes de soya como un producto de primera necesidad para los norteamericanos. En aquel tiempo se lanzó una campaña para enseñar a germinarlos y posteriormente prepararlos, creando así una reserva alimentaria estratégica en tiempos de guerra (Racines, 2011).

El consumo de brotes ha ganado popularidad y reconocimiento en tendencias de alimentación tales como: vegetariana, naturista y macrobiótica (Arrieta, 2021). Al desear producir brotes de calidad que aporten con la erradicación de la desnutrición crónica, llevo a desarrollar e investigar la producción de germinados mediante la utilización dispositivos tecnológicos que permitan minimizar los factores climáticos extremos como la temperatura, humedad, luminosidad que intervienen directamente en la germinación y desarrollo del brote.

Para llevar a cabo la memoria descriptiva del presente trabajo de integración curricular se emplean métodos teóricos para estudiar las investigaciones relacionadas con las condiciones relevantes acerca del dispositivo, así como la selección del hardware apropiado, para la realización del prototipo se utiliza métodos empíricos, que incluyen pruebas del dispositivo y finalmente validar el prototipo de acuerdo con los requisitos establecidos. Por lo tanto, el presente documento consta de introducción, cinco capítulos, conclusiones y recomendaciones. En cuanto al primer capítulo denominado diagnóstico del problema, se mencionan varios puntos como base para la realización del tema propuesto, tales como, antecedentes, planteamiento del problema, justificación teórica, justificación aplicativa, objetivos tanto general como específicos. En el segundo capítulo llamado marco teórico, se lleva a cabo la revisión bibliográfica sobre las fases y factores que implican la germinación, tipos de germinadores, beneficios del consumo de brotes, tecnología y demás componentes; con la finalidad de elegir la tecnología adecuada para el desarrollo del prototipo y así contribuir a que el lector conozca algunos conceptos respecto al tema. El tercer capítulo, marco metodológico, cubre los puntos clave relacionados con el desarrollo físico del prototipo, así como: planteamiento de los requisitos, concepción y diseño de la arquitectura, selección del hardware y software, control y visualización de la información. El cuarto capítulo se dedica a la propuesta y diseño de prototipo. Por último, el quinto capítulo contiene la validación del prototipo, en la cual se encuentran las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento adecuado del prototipo desarrollado.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En el siguiente capítulo se analiza el planteamiento del problema, la justificación teórica y aplicativa, los objetivos: general y específicos.

#### 1.1. Planteamiento del problema

Se ha realizado una revisión bibliográfica de investigaciones similares. De esto se desprende que: En España 2014, se diseñó una cámara de germinación cuyo propósito es conseguir una germinación uniforme logrando obtener un mayor número de semillas germinadas. Esta cámara germinadora poseía una máquina térmica que toma el calor del foco frío (temperatura más baja) y lo transfiere al foco caliente (temperatura más alta). Sin embargo, la inversión del proyecto está valorada sobre \$ 62,260.73 lo cual es excesivamente costosa (Castillejo, 2014).

En Colombia 2018, se realizó un proceso de automatización de riego considerando la medición de variables de humedad relativa y temperatura. Sin embargo, en las conclusiones los proponentes no tomaron en cuenta la variable luminosidad teniendo problemas en el crecimiento y desarrollo de los germinados (Covaleda & Rojas, 2018).

En México 2019, se realizó el diseño, construcción de un germinador de bajo costo, este germinador mostró, una alta eficiencia energética. Sin embargo, en las conclusiones se determina que, las bombillas incandescentes, son elementos calefactores más eficientes que las resistencias eléctricas enchaquetadas (Hernández et al., 2019).

En Ecuador existe investigaciones similares como trabajos de investigación desarrollados en universidades. En el 2018, en la Universidad técnica de Cotopaxi se implementó una cámara automatizada donde se pueda controlar los niveles de temperatura, luminosidad y humedad obteniendo un germinado más uniforme de las semillas de cereales. Sin embargo, al revisar el costo del proyecto es de \$ 2,340 siendo costosa su implementación determinando que las condiciones de luminosidad dentro de la cámara en colores azul, blanco y amarillo afectan con cierto porcentaje a los germinados (O. Salazar & Vargas, 2018).

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se desarrolló una cámara germinadora que utilizaba sensores de humedad y temperatura, humidificadores y ventiladores con el fin de crear al interior un microclima controlado brindando los parámetros necesarios para el cultivo de las plantas de manera controlada. Sin embargo, la implementación es de \$4,018.40 siendo muy elevado el costo. Además, el proponente recomienda tomar en cuenta que algunos componentes

electrónicos son de extrema delicadeza a condiciones climáticas especialmente a la humedad (Tite, 2020).

A partir del planteamiento del problema propuesta, se realiza la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar e implementar un prototipo electrónico germinador de semillas aplicado para la producción de brotes para el área alimenticia?

### ***1.1.1. Sistematización del problema***

¿Cuáles son los diferentes tipos de germinadores, componentes y condiciones de microclima que permitan la germinación de 3 tipos de semillas para el área alimenticia?

¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el prototipo para germinar 100 semillas?

¿Cuál es el diseño que permite cumplir con los requerimientos planteados para el desarrollo del prototipo electrónico de germinación?

¿Qué elementos de *software* y *hardware* permiten implementar el diseño propuesto?

¿Cómo validar que el prototipo electrónico germinador cumple con los requerimientos del diseño?

## **1.2. Justificación**

### ***1.2.1. Justificación Teórica***

A nivel mundial, 178 millones de niños menores de cinco años sufren de desnutrición crónica, siendo este el causante de un 35% de muertes infantiles, es decir 3.5 millones. Las estimaciones confirmadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2008 y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia indican que al menos el 20-25 por ciento de los bebés son afectados por desnutrición, estimulación insuficiente y deficiencia de yodo o hierro (Ortega, 2019).

Un informe global de nutrición publicado en el 2020 revela que las distintas formas de desnutrición como obesidad, bajo peso, sobrepeso y desnutrido se han convertido en las principales causas de muerte en el mundo. Además, señala que COVID-19 ha expuesto las vulnerabilidades y debilidades de nuestros sistemas alimentarios (McCarthy & Sánchez, 2020).

La UNICEF relata que la Desnutrición Crónica es evaluada según la OMS mediante una tabla normativa internacional de crecimiento infantil, en donde el nivel de desnutrición se mide de acuerdo al porcentaje de niños cuya talla este por debajo de lo establecido para la edad en la que

se encuentren. Además, de señalarla como la tercera parte de las causas de muerte en niños menores de cinco años que corren el riesgo de sufrir enfermedades graves (UNICEF, 2022).

El Ministerio de Salud de Perú estimó que en el 2014 la desnutrición infantil causó alrededor de 2.2 millones de muertes anuales. Según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INEI), el problema de la desnutrición es latente, es decir, se encuentra oculto o no se le ha dado gran importancia. Durante los últimos 30 años, habido progreso en los factores asociados con las deficiencias nutricionales; Sin embargo, su desarrollo e inestabilidad continúan provocando desnutrición severa, especialmente entre los niños de las regiones más pobres del país (Gutiérrez, 2011). Pero a pesar de la considerable disminución hasta el momento, todavía existen 449,663 niños menores de cinco años que padecen desnutrición crónica (Salvador, 2014).

En Ecuador, la desnutrición crónica infantil es uno de los problemas de salud pública más graves, la UNICEF informa que entre 2014 y 2018, la tasa de desnutrición entre los niños menores de dos años aumentó de 24,8% a 27,2%; siendo el caso más grave en el sector indígena, pues al menos 39 niños indígenas padecen desnutrición crónica, hasta uno de cada cuatro niños y niñas menores de cinco años están desnutridos, lo que lo convierte en el segundo país de América Latina y el Caribe con mayor índice de desnutrición después de Guatemala (UNICEF, 2022).

En un estudio realizado por Galeano Pérez en Medellín, Colombia, recomendó consumir brotes porque son productos naturales, crudos, que brindan una alta cantidad de energía, la cual se puede absorber fácilmente al descomponer el almidón en azúcares simples, además de actuar como un desintoxicante y rejuvenecedor de células del cuerpo (A. Pérez & Zapata, 2015).

Los brotes aparecen como una opción de comida saludable, siendo una fuente popular de nutrientes conocida por sus beneficios y aportes a la salud. Algunos autores lo consideran un alimento curativo, útil para personas con anemia, además de ser usadas en el tratamiento del cáncer, especialmente de colon y estómago. Del mismo modo, varios autores han demostrado que los germinados ayudan el funcionamiento normal del organismo porque contienen mucha fibra, grasas saludables, enzimas, vitaminas A, B1, B3, B6, B12, C, D, E y K que contribuyen a proteger las células del daño causado por los radicales libres (Souza, 2016).

En cuanto a germinación existen una serie de empresas como Ecuaplantas dedicada a brindar el servicio de germinación a nivel nacional, ubicada en Quito-Ecuador (Ecuaplantas, 2022), mientras que comercialmente existen cámaras de germinación con fotoperiodo TE-4000-1 que son adquiridas bajo pedido mediante la página oficial de Proain tecnología agrícola que se encuentra ubicado en la ciudad de Guanajuato en México, Estos dispositivos se utilizan para probar los efectos de las influencias ambientales, como la luz, la temperatura y la humedad en plantas en

germinación (ProainShop, 2022) tienen un alto precio que puede variar de \$2,000 a \$7,000 dependiendo de sus características. Por lo tanto, por las razones mencionadas anteriormente es necesario el desarrollo de un prototipo germinador de semillas que contribuyen en la nutrición, sea de bajo costo, cuente con regadío, sistema de control de las condiciones climáticas, sea amigable con el medio ambiente, de fácil manejo e instalación.

Además, cabe mencionar que el trabajo de integración curricular está acorde con el Art. 3 de la Constitución, en los numerales 1 y 5, establece que son deberes primordiales del Estado: Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes y planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al Buen Vivir (Gutiérrez, 2022) y se encuentra en concordancia con el proyecto denominado "Infancia con futuro" planteado por el Gobierno actual que busca reducir el porcentaje de desnutrición del 27% a un 23% (Swissinfo, 2021) y con el Plan nacional de desarrollo 2021-2025 que en el objetivo 7 política 7.2 dice promover la modernización y eficiencia de la educación haciendo uso de herramientas tecnológicas y la innovación (Secretaría Nacional de Planificación).

### ***1.2.2. Justificación Aplicativa***

Se busca diseñar e implementar un prototipo electrónico germinador de semillas aplicado para la producción de brotes para el área alimenticia. Principalmente consta de cuatro etapas fundamentales: etapa de adquisición de datos, etapa de actuación, etapa de control y recepción, por último, la etapa de visualización de la información. La etapa de adquisición de datos será la encargada de recoger toda la información referente a las variables de: humedad, temperatura, y luminosidad; la etapa de actuación conformada por ventilación de aire frío, riego automático, calefactor y ventilador de calefactor que se activarán cuando sea necesario estabilizar el microclima del germinador. La segunda etapa será la encargada de recibir y procesar la información captada por los elementos de la etapa de adquisición de datos, esta etapa será la más importante ya que determinará el comportamiento de todo el sistema. Finalmente, la etapa de visualización de la información, en donde el prototipo electrónico germinador de semillas se deberá conectar a una red de internet para poder recibir notificaciones del estado del nivel de: agua del tanque, batería y cuando el proceso de germinación haya finalizado, visualizando los datos en tiempo real; se tomarán decisiones sobre las variables mencionadas anteriormente mediante una HMI o un teléfono móvil que serán controladas por un usuario. Por último, se podrá acceder a una base de datos que almacena información de los germinados, así como también datos del usuario y técnico. El sistema de respaldo de energía se activará cuando exista un corte de

energía eléctrica. Los elementos que constituyen el prototipo se seleccionaran durante el desarrollo una vez definidos los requerimientos establecidos.

### **1.3. Objetivos**

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

Diseñar e implementar un prototipo electrónico germinador de semillas aplicado para la producción de brotes para el área alimenticia.

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

- Investigar los diferentes tipos de componentes y condiciones de microclima que permitan la germinación de 3 tipos de semillas para el área alimenticia.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir el prototipo para germinar 100 semillas.
- Establecer el diseño que cumpla con los requerimientos establecidos.
- Elegir el software y hardware que permita implementar el diseño propuesto.
- Validar si el prototipo electrónico germinador cumple con los requerimientos del diseño.

## CAPÍTULO II

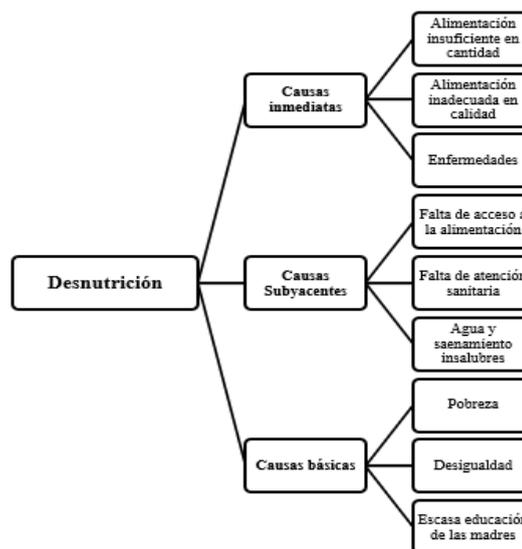
### 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se efectúa la investigación teórica referente la realidad de la zona, las fases y factores que implica el proceso de germinación. Asimismo, se investigó las generalidades, tipos y características nutricionales de los brotes, equipos germinadores comerciales. Finalmente, se realiza una comparativa de las familias de los elementos electrónicos, bloque de: sensores, ventiladores, actuadores, alimentación; tarjetas de desarrollo y red eléctrica utilizadas para el presente trabajo de integración curricular.

#### 2.1. Realidad en la zona

La desnutrición es un problema social que reduce las capacidades humanas y el funcionamiento normal. La principal característica de la desnutrición son las dietas monótonas con bajo porcentaje nutricional, falta de minerales y vitaminas esenciales (OMS, 2020).

En el *Ilustración 1-2* se observan las principales causas de desnutrición. Las causas inmediatas es la ingesta inadecuada en calidad y cantidad de alimentos. Las causas subyacentes es el acceso deficiente a los alimentos, inapropiada manipulación e higiene de alimentos, el agua insalubre y falta de servicios médicos. Finalmente, las causas básicas son los problemas políticos, sociales y económicos; por ejemplo, la marginación, la desigualdad, pobreza y el bajo nivel educativo de la madre (Colcha et al., 2019).



**Ilustración 1-2:** Causas de desnutrición

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En Latinoamérica, la desnutrición es un problema grave ya que afecta a la sexta parte de la población (CEPAL, 2018). En la *Tabla 1-2* se observa los índices de desnutrición en los países Sudamericanos. Ecuador posee el mayor porcentaje de desnutrición crónica 23.9%, seguido de Bolivia 16.1% y Venezuela con el 13.4% (Rivera, 2020).

**Tabla 1-2:** Desnutrición en países Sudamericanos

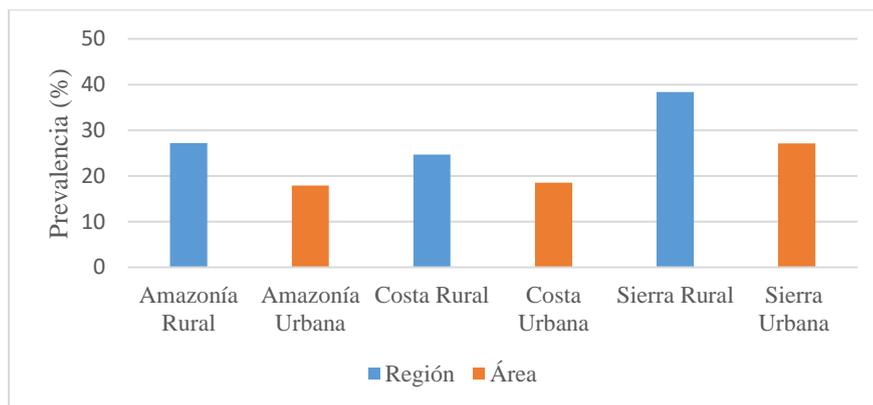
<b>País</b>	<b>Desnutrición crónica</b>
Ecuador	23.9%
Bolivia	16.1%
Venezuela	13.4%
Perú	13.1%
Colombia	12.7%
Uruguay	10.7%
Argentina	8.2%
Brasil	7.1%
Paraguay	5.6%
Chile	1.8%

**Fuente:** (Rivera, Jairo, 2020)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Según informes de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSAUT) realizada en el 2018, la desnutrición infantil en el Ecuador representa un panorama preocupante, ya que afecta a un cuarto de la población menor de cinco años (ENSAUT, 2018).

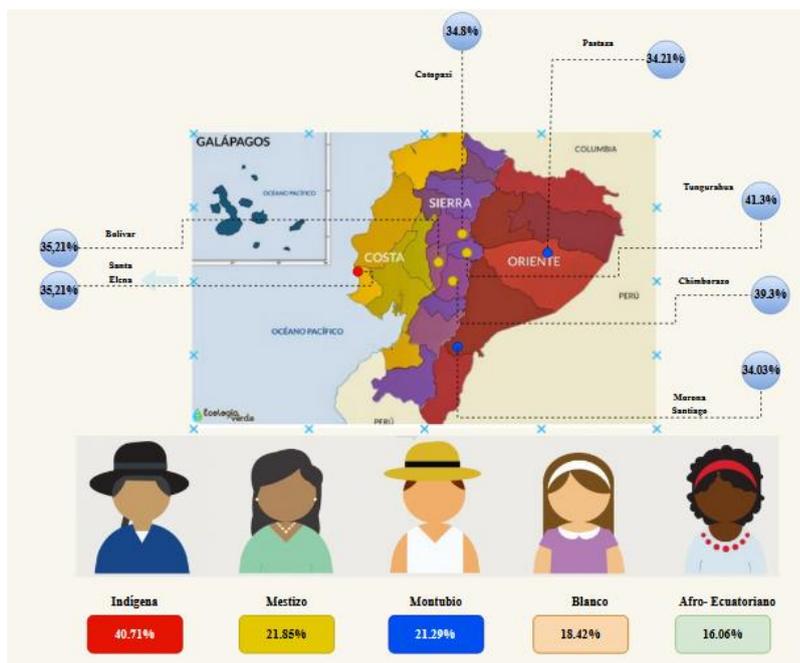
En el *Ilustración 2-2* se puede visualizar el desglose por regiones y áreas, la Sierra rural tiene mayor prevalencia, con el 38.4%, seguido de la Amazonía, con el 27.2% y la Costa, con el 24.7% (INEC, 2014). Así mismo, se puede observar la Sierra urbana posee mayor índice con el 27.1%, seguido de la Costa, con el 18.5% y la Amazonía, con el 17.9%.



**Ilustración 2-2:** Tasas de desnutrición por regiones y áreas del Ecuador

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Por otra parte, en la *Ilustración 3-2* se puede observar las provincias más afectadas por desnutrición infantil. Donde la provincia de Tungurahua posee el mayor porcentaje de desnutrición con el 41.3% (es decir, uno de cada tres niños). Seguido de Chimborazo, con el 39.3% y Cotopaxi, con el 34.8%. Por otro lado, la desnutrición crónica infantil afecta con el 34.21% en Pastaza y Morona Santiago, con el 34.03%. En la Costa, la provincia de Santa Elena tiene la tasa más alta de desnutrición infantil con el 35.21%. Cabe mencionar, la desnutrición crónica afecta mayormente al grupo étnico de niños indígenas con el 40.71% (PRIMICIAS, 2022).



**Ilustración 3-2:** Desnutrición crónica en menores de cinco años

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Con base a los porcentajes de desnutrición crónica, especialmente en nuestra provincia y de acuerdo con la Estrategia Nacional, Ecuador crece sin desnutrición Infantil (ECSDI), que cuenta

con la colaboración del Registro Civil, Ministerio de Educación, carteras de Telecomunicaciones, Ambiente, Agricultura, Finanzas, Banco de Desarrollo, Instituto de estadísticas y Censos (INEC) y la Unidad de Registro Social se determina la importancia de crear programas y proyectos que aporten a erradicar el problema o disminuirlo. Por tal motivo, el presente trabajo de integración curricular plantea el diseño e implementación de un prototipo electrónico germinador de semillas aplicado para la producción de brotes para el área alimenticia. Se empezará detallando la importancia y características nutricionales de los brotes.

## **2.2. Generalidades de los brotes alimenticios**

Según la nutricionista ecuatoriana Mafla (2020) apunta que se trata de alimentos milenarios, el interés de estudio de esta nueva tendencia de alimentación viva se fundamenta en la necesidad de fortalecer el sistema inmunológico. Los brotes o germinados de semillas se presentan como una alternativa saludable que ayudan a cumplir con ese objetivo ya que se caracterizan por su frescura, textura crujiente y por concentrar altas dosis de nutrientes.

Según estudios desarrollados por la Universidad de Maryland, el consumo de semillas germinadas puede llegar a multiplicar la cantidad de enzimas y vitaminas en unas 40 veces, en comparación a un vegetal maduro (Lorenz, 2012). Los brotes, además de enzimas y vitaminas, poseen minerales y antioxidantes (sustancias que retrasan o previenen daños en las células), nutrientes infaltables para un funcionamiento normal del organismo. Por tal razón, Julieta Robles, docente-directora de la Escuela de Nutrición de la Universidad Internacional del Ecuador, sugiere consumirlos y a la misma vez combinarlos para así obtener más variedad de nutrientes. Ya que el equilibrio es la clave para conservar una vida saludable. Asimismo, para la preparación y consumo de los brotes se puede ingerir de dos maneras crudos cocidos. Sin embargo, se recomienda consumirlos frescos para que no pierdan su valor nutricional (El Comercio, 2020).

### **2.2.1. Tipos de brotes alimenticios**

La germinación se puede realizar mayormente en las semillas de: cereales, legumbres y verduras. Aunque, los brotes de legumbres (lenteja, alfalfa), cereales (trigo, cebada, quinoa) son los más populares por su sabor único (Elorza, s/f).

En la *Tabla 2-2* se visualiza la clasificación de los brotes alimenticios para consumo humano, así mismo se denota su principal característica y algunos ejemplos.

**Tabla 2-2:** Clasificación y tipos de brotes alimenticios

Clasificación	Característica	Ejemplos
Cereales	Tienen un gran aporte nutricional y son fáciles de digerir. Alimentos ricos en proteínas, vitaminas y minerales esenciales para la salud.	Arroz integral, trigo, amaranto, quinoa, avena, cebada, mijo, centeno
Legumbres	Contienen un alto porcentaje de hierro, calcio, almidón y proteínas. Una vez germinadas son una fuente dietética para la hipertensión, debido que los granos después del proceso de germinación incrementan los componentes antioxidantes.	Alfalfa, trébol, fenogreco, alubias, arvejas, lenteja, soya, garbanzo
Semillas		Rábano, remolacha, cebolla, puerro, girasol, mostaza, sésamo, berro

Fuente: (Arrieta, 2021)

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 2.2.2. Características nutricionales

Los brotes de semillas son alimentos ricos en vitaminas y minerales, ayudan en el desarrollo y crecimiento de los niños (REVISTA NEO, 2020). Proporcionan proteínas de alta calidad, hierro y vitaminas de complejo B necesarias para la edad adulta, ayudan a mantener el sistema nervioso en buen estado, mejorando la oxigenación de la sangre y apoyan la salud de los huesos y los músculos (Villén, 2012). Gracias al contenido vitamínico y la cantidad de aminoácidos, son ideales para mujeres embarazadas. Son una fuente excelente de clorofila y así regeneran las células, combatiendo el cáncer y las enfermedades degenerativas, entre otras (Medvedovsky, s/f). A continuación, se detalla algunas propiedades nutricionales en brotes de legumbres y cereales.

#### a) Legumbres

En la *Tabla 3-2* se establece las propiedades nutricionales y los aportes que ofrecen los brotes de legumbres a las personas.

**Tabla 3-2:** Características nutricionales de los germinados de legumbres

Nutrientes	Aporte
Hidratos de carbono	El carbohidrato de las legumbres es el almidón. El almidón constituye el 50%; es decir que una porción de 60 gramos se obtendrá unos 30 gramos de hidratos de carbono.
Proteínas	Fuente rica de proteínas de origen vegetal, entre un 20% y 40%. Ejemplo, 60 gramos de soya contienen 20 gramos de proteínas.
Grasas	Tienen un contenido graso inapreciable, aproximadamente un 3%. Contribuyendo a disminuir el colesterol sanguíneo.
Vitaminas y minerales	Contribuyen con vitaminas de complejo B, B1, B2, B3, E y fuente de ácido fólico. Las principales vitaminas que aportan las legumbres son potasio, magnesio, zinc, hierro y fósforo.
Fibra dietética	Excelente fuente de fibra vegetal, ayuda a prevenir y combatir el estreñimiento. Posee un 11% a 25% de fibra.

**Fuente:** (Racines, 2011)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

#### b) Cereales

En la *Tabla 4-2* se determina las propiedades nutricionales y aportes que ofrecen los brotes de cereales a las personas.

**Tabla 4-2:** Características nutricionales de los germinados de cereales

Nutrientes	Aporte
Hidratos de carbono	Representados de igual forma por el almidón, y menor cantidad en celulosa, hemicelulosa, dextrinas y azúcares simples.
Proteínas	Se encuentran repartidas por todas las capas estructurales del grano.
Grasas	Las grasas naturales de los cereales son muy bajas.
Vitaminas y minerales	Posee minerales como calcio, fósforo, hierro y cantidades pequeñas potasio. Contienen la mayoría de vitaminas de complejo B. Carece de vitamina A.

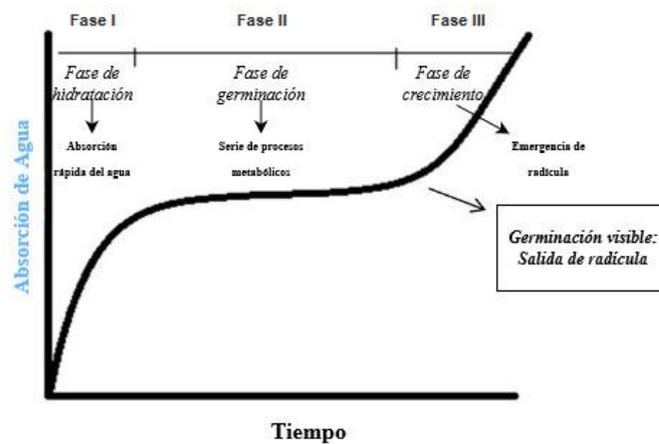
**Fuente:** (Racines, 2011)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 2.2.3. Producción de los germinados

Comprende el desarrollo y crecimiento del embrión hasta que se haya formado una nueva planta que pueda sobrevivir por sí misma, independientemente del tejido de reserva de alimentos (De la Cuadra, 1993).

En la *Ilustración 4-2* se visualiza las tres fases de germinación de una semilla. Iniciando con la absorción del agua, la activación de las reacciones metabólicas y finalizando con la salida de la radícula.



**Ilustración 4-2:** Fases de germinación de semillas

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Fase de hidratación.** - La semilla absorbe agua desde el medio exterior (imbibición). El proceso de hidratación de la semilla posee una duración variable. La duración va depender directamente de la cantidad suficiente de agua que rodea la semilla y según la especie considerada. Para la hidratación (remojo) de la semilla, se debe utilizar agua completamente purificada para evitar la contaminación con microorganismos patógenos, durante un cierto número de horas, esto dependerá del tipo de semilla a germinar. También es de vital importancia considerar la oxigenación, las semillas deben estar de una a dos horas sin agua (Infoagro, 2018). En la *Ilustración 5-2*, se puede observar la fase de hidratación de la semilla.



**Ilustración 5-2:** Hidratación de la semilla

Fuente: (ALMACEN NATIVO, 2020)

En la *Tabla 5-2* se visualiza la activación de las semillas con sus respectivas horas de remojo y los enjagües (lavados) durante el día.

**Tabla 5-2:** Parámetros de activación de las semillas en la fase de hidratación

<b>Tipos de Semillas</b>	<b>Tiempo de remojo (horas)</b>	<b>Enjagües (No veces durante el día)</b>
Alfalfa	8	3
Lenteja	8	3
Quinoa	8	3
Soya	15 – 24	4
Garbanzo	8 -15	2-3
Centeno	12	2
Girasol	8	2
Trigo	6	2
Cebada	6	2

**Fuente:** (Cocinero, 2014)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Fase de germinación.** - Se inicia cuando la semilla se hidrata completamente, se produce varias reacciones metabólicas como: la actividad enzimática, metabolismo respiratorio y asimilación de las reservas alimentarias. La reserva alimentaria está compuesta principalmente por proteínas, lípidos y glúcidos, en menor o mayor cantidad dependiendo la especie. Se debe germinar en la oscuridad. Si la temperatura es constante los germinados crecerán rápidamente, caso contrario se retrasa el crecimiento, también es importante mantener la humedad (Doria, 2010). En la *Ilustración 6-2* se visualiza la fase germinación.



**Ilustración 6-2:** Germinación de la semilla

**Fuente:** (Lilliput, 2013)

En la *Tabla 6-2* se visualiza la tabla de germinación de semillas.

**Tabla 6-2:** Germinación de semillas

<b>Tipos de Semillas</b>	<b>Tiempo de germinación (días)</b>
Alfalfa	4 - 5
Lenteja	4 - 5
Quinoa	2 – 3
Soya	2
Garbanzo	2
Centeno	2
Girasol	2
Trigo	2
Cebada	2 – 3

**Fuente:** (Pérez, 2014)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Fase de crecimiento.** - Se caracteriza primordialmente por el incremento de consumo de agua y una mayor actividad respiratoria, produciendo el crecimiento de la planta. Si las condiciones del medio no son aptas, la semilla morirá (Doria, 2010).

En la *Ilustración 7-2* se visualiza la fase de crecimiento (cosecha) de la semilla de alfalfa, se recolectan los brotes cuando estén maduros. Las cascaras son removidas y desechadas para obtener un buen sabor, en cuatro días las primeras hojas comienzan a salir y se permitirá que reciban la luz del sol indirectamente. El punto más alto nutricional será cuando se abren totalmente las dos hojas, el brote alcanza normalmente una longitud de 2,5 a 5 cm (INTA, s/f).



**Ilustración 7-2:** Brote de alfalfa

**Fuente:** (Brotos Chile, s. f.)

En la *Tabla 7-2* se visualiza la cosecha máxima de los brotes y el sabor que poseen al consumirlas ciertas semillas.

**Tabla 7-2:** Tiempo de cosecha y sabor de los brotes

<b>Tipos de Semillas</b>	<b>Tiempo de cosecha (días)</b>	<b>Sabor</b>
Alfalfa	6	Fresco y suave
Lenteja	5 - 6	Suave y crujiente
Quinoa	4	Fresco y suave
Soya	3	Crujiente y con toque a nuez
Garbanzo	3	Textura cremosa y carnosa, con toque a nuez
Centeno	3	Crujientes y con un toque a nuez
Girasol	3	Crujiente y con toque a nuez
Trigo	3	Potente y con toque a frutos secos
Mostaza	4	Suave y picante
Cebada	4	Crujiente con toque a nuez

**Fuente:** (Pérez, 2014)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

#### **2.2.4. Análisis comparativo entre brotes alimenticios**

En la *Tabla 8-2* se presenta un análisis comparativo de la composición nutricional por 100 gramos de seis especies de brotes más recomendadas a realizar el proceso de germinación: Alfalfa, lenteja, quinoa, soya, centeno, garbanzo. Además, se tomó en cuenta el parámetro de facilidad de obtención de la semilla en el mercado, tiempo de remojo, tiempo de germinación y el sabor distintivo de cada semilla.

**Tabla 8-2:** Análisis comparativo entre brotes de diferentes semillas.

Semillas → Parámetro ↓	Alfalfa	Lenteja	Quinoa	Soya	Centeno	Garbanzo
Disponibilidad en el mercado	Alto	Alto	Alto	Escaso	Escaso	Escaso
Tiempo de remojo (horas)	8	8	8	6-10	8-12	2-4
Tiempo de germinación (días)	4-6	4-6	2-4	4-6	4-6	2-3
Sabor	Fresco y suave	Suave y crujiente	Suave y fresco	Crujiente con toque a nuez	Crujiente con toque a nuez	Textura cremosa y carnosa, con toque a nuez
Vitamina C (%)	9.1%	14.1%	0%	3.3%	0%	4.1%
Vitamina B2 (%)	9.7%	7.7%	23.1%	2.9%	2.7%	2.5%
Vitamina B1 (%)	6.3%	16.7%	25%	2.75%	2.67%	3.75%
Vitamina A (%)	1.8%	1.2%	33.3%	0.06%	0%	0.03%
Potasio (%)	4%	12.4%	34.9%	17.99%	2.64%	8.75%
Fósforo (%)	10%	19%	55.3%	5.50%	3.74%	3.32%
Magnesio (%)	3.10%	7.8%	1.97%	0%	0%	0%
Hierro (%)	12%	31.3%	60%	6.6%	2.67%	6.8%
Calcio (%)	2.7%	1.6%	10.6%	2.01%	2.8%	1.43%
Sodio (%)	0.4%	0.5%	0.7%	0.3%	0.4%	0.6%
Grasas (%)	1.3%	0.9%	6.3%	34.4%	25%	10.3%

**Fuente:** (Arrieta, 2021), (Vegaffinity, 2014), (Conasi, 2021)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Con base al cumplimiento del objetivo uno del proyecto y la *Tabla 8-2* las semillas seleccionadas son: quinoa, alfalfa, lenteja, debido a los altos porcentajes nutricionales de vitaminas y minerales. Además, estas semillas poseen una alta disponibilidad en el mercado, porque son comunes en la zona interandina y poseen un sabor fresco, suave y crujiente al momento de consumirlos, de igual manera el tiempo de: remojo y germinación coinciden proporcionando características similares para su estudio.

### 2.3. Factores de microclima que implican en el procedimiento de germinación

Los principales factores de microclima que inciden en el proceso de germinación son: temperatura, humedad, luminosidad (Racines, 2011).

**Temperatura.** - Es un factor determinante, ya que se activan una serie de enzimas favoreciendo al desarrollo del germinado. La temperatura dependerá del tipo de semilla que se esté germinado. Si la temperatura varía entre  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  de la temperatura óptima, la germinación no se verá afectada significativamente, por tal motivo es preferible trabajar a una temperatura óptima, ya que las semillas germinarán con mayor facilidad y rapidez (De la Cuadra, 1993). En la *Tabla 9-2* se muestra las temperaturas óptimas para la germinación de semillas: la primera una temperatura baja considerada de  $15^{\circ}\text{C}$  a  $20^{\circ}\text{C}$ , la segunda de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$  categoría media y la última, temperatura alta pasado los  $30^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 9-2:** Temperaturas óptimas de germinación de algunas semillas

Temperaturas óptimas	Semillas
15 a $20^{\circ}\text{C}$ – baja	Espinacas, guisantes, perejil, acelga, arroz, nabo
20 a $30^{\circ}\text{C}$ – media	Lenteja, quinoa, alfalfa, maíz, avena, cebada, cebolla, fréjol, remolacha, trigo Lechuga, eneldo, rábano, apio, arveja, haba
$>30^{\circ}\text{C}$ – alta	Alcachofa, alubia, coliflor, coles de Bruselas, avena, soya, pepino

**Fuente:** (O. Salazar & Vargas, 2018), (Portal Frutícola, 2017)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En base a la *Tabla 9-2* se determina que el dispositivo electrónico requiere una temperatura mínima de  $20^{\circ}\text{C}$  y máxima de  $30^{\circ}\text{C}$ . Debido a que las tres semillas seleccionadas de interés de estudio se encuentran dentro de la categoría dos de temperatura óptima media.

**Humedad Relativa.** - Es la relación entre la presión parcial del vapor del aire y la presión máxima de la temperatura. Si la temperatura varía entre  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  de la temperatura óptima, la germinación no se verá afectado. Ya que la temperatura está relacionada directamente con la humedad relativa ya que determinarán el crecimiento del brote y se evitará la aparición de problemas de hongos, plagas, mosca blanca (TANE, 2021).

En la *Tabla 10-2* se visualiza la humedad relativa para las tres diferentes fases de germinación de la semilla.

**Tabla 10-2:** Humedad relativa según las fases de producción de brote.

Fase de la planta	Humedad Relativa
Fase de hidratación	70%-80%
Fase de germinación	60%-70%
Fase de Crecimiento	50%-60%

**Fuente:** (W. Rivera, 2016), (TANE, 2021), (O. Salazar & Vargas, 2018)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Luminosidad.** – La luminosidad es la luz requerida para la fotosíntesis de la planta, es un factor importante para la fase de crecimiento y desarrollo de la planta (Pita & Pérez, 1998). Para la fase de hidratación se puede realizar en el día o en la noche, únicamente se deberá considerar el tiempo de remojo y enjuague de cada tipo de semilla. La siguiente fase de germinación deberán encontrarse en condiciones de completa oscuridad. Y finalmente, en la fase de cosecha si necesita luminosidad (Medvedovsky, s/ f).

En la *Tabla 11-2* se visualiza la luminosidad para las tres diferentes fases de germinación de la semilla.

**Tabla 11-2:** Luminosidad según las fases de producción del brote

Fase de la planta	Luminosidad
Fase de hidratación	Con o sin luminosidad
Fase de germinación	Sin iluminación (total oscuridad)
Fase de crecimiento	Con iluminación [ 750–1250 LX]

**Fuente:** (Arrieta, 2021)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Agua.** - Factor importante que permite suministrar eficientemente el agua necesaria para el crecimiento y desarrollo óptimo de los brotes, debido a que las semillas no germinan si se encuentran secas. Por tal motivo es recomendable regar el agua dos veces al día, el primer riego se realiza en las primeras horas de mañana y el segundo riego se realiza en la tarde (Pita & Pérez, 1998).

**Aireación.** – Es de vital importancia para que se produzca la alta intensidad de la respiración en la semilla al germinar. Por tal motivo debe existir circulación o renovación de aire (Pita & Pérez, 1998).

### **2.3.1. Equipos electrónicos germinadores comerciales**

Los germinadores electrónicos son dispositivos, cuartos o cámaras especiales que permiten, bajo condiciones controladas de humedad relativa y temperatura, germinar semillas (Ezquerro, 2022). Estos dispositivos están acorde a ciertos estándares internacionales, a continuación, se realizará el estudio de la normativa.

### 2.3.2. Normativa

Oomen-Koppe (1969) y Justice (1972), desarrollan los primeros germinadores, tipo armario. Dichos germinadores realizaban ensayos, con el fin de garantizar las condiciones óptimas de caracterización de la germinación de semillas (Hernández et al., 2019). Actualmente, bajo las recomendaciones de la FAO, los germinadores deben satisfacer ciertos requerimientos que se encuentran en la *Tabla 12-2*.

**Tabla 12-2:** Especificaciones de los germinadores de acuerdo a estándares internacionales

Características	FAO/ISTA	Incubador comercial
Humedad [%]	70-90	Amb-99
Rango de temperatura [°C]	10-35	0-50
Variación de temperatura	±1	±1
Luz [lx]	750–1250	0–15000
Movimiento del aire	Mínimo	Continuo
Suministro de aire fresco	1 recambio $hr^{-1}$	No especificado
Ciclo día/noche [hr]	8-12 /16-12	Programable
Condensación	Nula	Nula

Fuente: (Hernández et al., 2019)

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 2.3.3. Germinadores comerciales a nivel mundial

Existen varios tipos, marcas y modelos de germinadores. Entre los más destacados son:

**Germinador Kenton.** - Aplica para la germinación de semillas y ofrece un ambiente natural, a través del control de luz para simular el día y la noche. Entre las principales características que posee es un control inteligente PID, un sistema de control de temperatura mejorada con pantalla LCD, iluminación ajustable con cinco niveles, sistema de humidificación inteligente y suministro automático de agua mediante un tanque externo. El pedido se debe realizar en internet, posee un precio entre los 1,200 dólares y 1,499 dólares según las características que desee el comprador, además el pedido mínimo es de tres unidades y tiene costos adicionales de envío si el transporte es marítimo o terrestre. Entre las principales especificaciones técnicas: Posee certificación del sistema de gestión de calidad internacional CE, rango de temperatura de 10°C-50°C, tamaño 380x500x800 mm, rango de humedad de 50% -90%, rango de iluminación 20%, 40%, 60%, 80%, 100%, pantalla LCD (Alibaba, s/f). En la *Ilustración 8-2* se visualiza el germinador Kenton.



**Ilustración 8-2:** Germinador Kenton

**Fuente:** (Alibaba, s./f)

**Cámara de germinación Mangersdorf TE-406.-** Se utiliza para testes de germinación, posee control de temperatura y humedad. Tiene un control de temperatura digital micro procesado con sistema PID y certificado de calibración RBC, un reservorio interno con capacidad de 7 litros para la humedad, parte superior con vidrio para iluminación natural y también visualización interna. Para adquirir este germinador se debe realizar un sobre pedido y contactarse con la empresa Proain, el precio oscila entre 2,000 dólares y 5,000 dólares, según las características que desee el comprador, además tiene costos adicionales de envío. Sus especificaciones técnicas principales son: rango de temperatura de 7°C-60°C, tamaño 600x550x880 mm, sistema de iluminación con lámparas led, voltaje de 220 V o 127V, capacidad 9 estantes (ProainShop, 2022). En la *Ilustración 9-2* se visualiza el germinador Mangersdorf TE-4000-1.



**Ilustración 9-2:** Germinador

Mangersdorf TE-406

**Fuente:** (ProainShop, 2022)

**Cámara germinadora de fotoperíodo TE-4000-1.-** Utilizada para probar de afluencia de efectos ambientales (humedad, temperatura y luminosidad) para germinación de semillas. Posee un

control de humedad y temperatura micro procesado con PID, posee certificación Unión Europea (CE), utiliza iluminación LED. El precio oscila entre 1,300 dólares y 4,000 dólares, según las características que desee el comprador, además tiene costos adicionales de envío. Sus especificaciones técnicas principales son: rango de temperatura de 15°C -35°C, tamaño 470x450x1310 mm, sistema de iluminación con 3 lámparas led, ventilación forzada, control automático de nivel, humedad por nebulización, voltaje de 220 V o 127V, capacidad 3 estantes (ProainShop, 2022) . En la *Ilustración 10-2* se visualiza el germinador con fotoperíodo TE-4000-1.



**Ilustración 10-2:** Germinador con fotoperíodo TE-4000-1

**Fuente:** (ProainShop, 2022)

#### **2.3.4. Investigaciones a nivel nacional**

En Ecuador, mediante entrevistas a nutricionistas y expertos en cocina se determina que la germinación se realiza de forma tradicional utilizando germinadores manuales, estos pueden ser de materiales plásticos, vidrio y barro. Además, de la revisión bibliográfica se conoce dos investigaciones de trabajos de titulación desarrolladas por universidades locales en el área de germinación de semillas, se desconoce investigaciones adicionales de las que se presentan en este documento. A continuación, se detalla:

**Germinador UTC.** - En el 2018, en la Universidad técnica de Cotopaxi se ejecutó una cámara automatizada donde se pudo controlar los niveles de temperatura, luminosidad y humedad obteniendo un germinado más uniforme de las semillas de cereales. Entre las principales características se destacan: Posee un LCD 16X2 y teclado matricial de 4x4, sistema de control de humedad de 65% a 75%, rango de temperatura de 10°C a 30°C, sistema de calefacción mediante la utilización de resistencias eléctricas y sistema de iluminación led en diferentes colores azul, blanca y roja (O. Salazar & Vargas, 2018). En la *Ilustración 11-2* se visualiza el germinador de semillas de cereales de la UTC.



**Ilustración 11-2:** Germinador de semillas de cereales UTC

**Fuente:** (O. Salazar & Vargas, 2018)

**Cámara de germinación y enraizamiento.** – En 2020, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se desarrolló una cámara germinadora de cuatro especies de plantas: Begonia, Flor de Pascua, Geranio, Violeta de Persia, que utilizaba sensores de humedad y temperatura, humidificadores y ventiladores con la finalidad de crear al interior un microclima controlado brindando los parámetros necesarios para el cultivo de las plantas de manera controlada. El proponente recomienda tomar en cuenta que algunos componentes electrónicos son de extrema delicadeza a condiciones climáticas, especialmente de la humedad. Las principales características de esta cámara son: posee resistencias de calentamiento en el piso, posee sensores de humedad y temperatura distribuidas estratégicamente en toda la zona, nebulizadores, ventiladores, LCD, teclado y mouse multimedia (Tite, 2020). En la *Ilustración 12-2* se visualiza la cámara de germinación y enraizamiento.



**Ilustración 12-2:** Cámara germinadora y enraizamiento

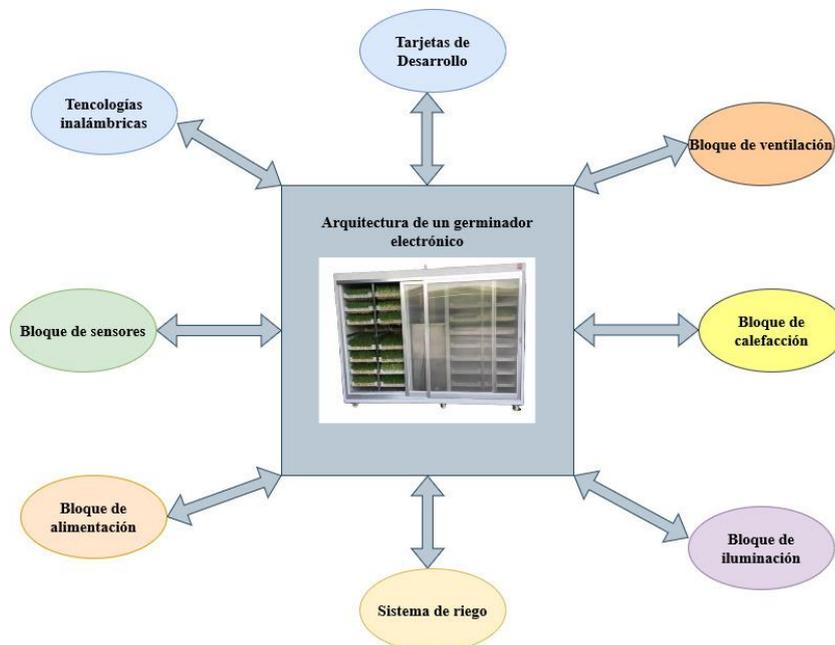
**Fuente:** (Tite, 2020)

Del estudio anterior, los germinadores comerciales son de difíciles de adquirir, debido a que se debe realizar un sobre pedido y un pedido mínimo de tres unidades, además los costos son

elevados y se debe añadir valores adicionales de transporte. Por otra parte, en las investigaciones estudiadas, se identifica que: carecen de un sistema adecuado para la visualización de datos en tiempo real, salida hacia el internet, un sistema de alerta y notificaciones. Además, utilizan tres tarjetas de desarrollo Arduino Uno, al no poseer suficientes terminales de entradas y salidas, provocando que el diagrama eléctrico no sea óptimo, complicación al pulsar simultáneamente varias teclas del teclado matricial, generando malestar al usuario. Para la parte de germinación de semillas, los autores no consideran la fase de hidratación. Por tal razón, el presente trabajo de integración curricular plantea el diseño e implementación de un germinador electrónico que sea capaz de llevar a cabo las tres fases de producción del brote, visualizar la información en tiempo real de las variables a considerar, una interfaz gráfica de fácil manejo y amigable con el usuario que tenga acceso a internet, y que finalmente posea un sistema de alerta y notificaciones para precautelar la integridad del germinador electrónico y cosecha de los brotes llegue a su fin.

### 2.3.5. *Arquitectura de los dispositivos estudiados*

En base a las características técnicas de los germinadores a nivel mundial y las investigaciones desarrolladas a nivel nacional se determina los componentes de interés de estudio que debe poseer un germinador electrónico. En la *Ilustración 13-2* se visualiza la arquitectura de los dispositivos estudiados, cada bloque va hacer analizados para determinar la tecnología y componentes de selección para la presente investigación.



**Ilustración 13-2:** Arquitectura de los dispositivos estudiados

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

## 2.4. Tecnologías de comunicación inalámbrica

La comunicación inalámbrica es una nueva revolución tecnológica, muy parecida a revoluciones anteriores como la electricidad, la televisión, las computadoras o la misma comunicación utilizando cables. La principal ventaja de esta tecnología es la movilidad, ya que utiliza ondas de radio para conectar los diferentes dispositivos, sin utilizar cables de ningún tipo.

Las comunicaciones inalámbricas sirven para reemplazar a las comunicaciones físicas, mientras que en otros casos sirven para dar acceso a datos desde áreas operadas remotamente. La infraestructura inalámbrica es de bajo coste a comparación con alternativas cableadas tradicionalmente (Prieto, s/f). A continuación, se describe las principales tecnologías inalámbricas.

**Bluetooth.** - Tecnología usada para las conexiones de corto alcance entre dispositivos como Personal Digital Assistance (PDAs), computadoras de escritorio y portátiles, teléfonos celulares, módems, impresoras y proyectores, etc. Se caracteriza porque ofrece las comunicaciones mediante el modelo maestro/esclavo. Basada en el Estándar IEE 802.15.1, es la tecnología más destacable en WPAN, ofrece una velocidad de 24 Mbps, trabaja a una banda de 2.4 GHz, bajo consumo, económica (J. Salazar, 2016).

**Zigbee.** – Es un estándar de redes inalámbricas de área personal Wireless Personal Area Network (WPAN), estándar 802.15.4 se destacan en comunicaciones seguras con baja tasa de transferencia de datos, optimización de la duración de la batería, son de baja coste, seguras y confiables. Puede trabajar en bandas de operación de 2.4 Ghz (funcionamiento estándar), 868 MHz (Europa), 915 MHz (Estados Unidos), son ideales para redes domóticas, control industrial, sensores médicos (J. Salazar, 2016).

**WiFi.** – Protocolo de transmisión de datos inalámbrico más conocido dentro de área local, basada en el estándar IEEE 802.11, trabajan con una tasa de transmisión máxima de 54 kbps, tiene bandas de transmisión de 2.4 GHz y 5 GHz. Es considerada como una tecnología escalable, bajo coste y sencilla de implementar. Respecto a seguridad, cuentan con los protocolos de cifrado WPA2-AES y el WPA3-AESS (J. Salazar, 2016).

### 2.4.1. Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas

En la *Tabla 13-2* se presenta un análisis comparativo de las esenciales características de las tecnologías de comunicación inalámbrica.

**Tabla 13-2:** Comparativa de tecnologías inalámbricas

Característica	Bluetooth	Zigbee	WiFi
Estándar	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11n
Ancho de Banda	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz y 5 GHz
Tasa de transferencia	700 kbps	20 a 250 Kbps	450 Mbps
Alcance	10-100 m (Bluetooth Le)	70-100 m	100 m
Latencia	14ms	15ms	1ms
Red de aplicación	WPAN	WPAN	WLAN
Velocidad	24 Mbps	250 kbps	54 Mbps
Seguridad	Claves de verificación bajo estándar AES.	Protocolos de cifrado: - AES - CCM - 128	Protocolos de cifrado: - WEP - 802.11x - WPA
Topología	- Punto a punto. - Punto a multipunto.	- Punto a punto - Estrella – Mesh – Árbol.	- Punto a punto. - Punto a multipunto. - Mesh
Velocidad y calidad de transferencia de datos	- Lento por su ancho de banda. - Bajo calidad de audio.	- Baja velocidad	- Más rápido. - Mejor calidad de audio.

Fuente: (González, 2012), (Salazar, 2016)

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

De acuerdo a *Tabla 13-2*, se establece que la tecnología de comunicación inalámbrica WiFi es la adecuada por su tasa de transferencia de datos de 450 Mbps, posee un ancho de banda superior de 2.4 GHz y su tiempo de latencia es menor respecto a otras tecnologías.

## 2.5. Bloque de ventilación

Los ventiladores son máquinas giratorias diseñadas para crear presión y expulsar fluidos, consta de tres partes básicas: un marco, un motor y una hélice (Narea & Tapia, 2021). El marco es la estructura de soporte del ventilador, la base en forma de X a la que se une el motor de la hélice y una abertura por la que se permite la circulación del aire (Calderón, 2018, pp. 17).

### 2.5.1. Tipos de ventiladores

Lo fundamental en cuanto a ventilación es centrarse en el recorrido del aire por el ventilador, por lo que a continuación se describe brevemente los tres tipos de metodologías que son: centrífugo, tangencial y axial como se observa en la *Ilustración 14-2*.



**Ilustración 14-2:** Tipos de ventiladores

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Ventilador centrífugo.** - El aire ingresa en dirección axial y sale radialmente, por lo que a menudo se denominan ventilador radial. Se tiene de acoplamiento directo, donde el motor eléctrico acciona directamente la turbina o impulsor y transmisión por poleas y correa, la turbina o impulsor recibe energía a través de una correa, y la relación de transmisión es la relación entre la velocidad del motor y la velocidad de la turbina (S&P, 2018).

**Ventilador tangencial.** - No tienen carcasa de impulsor, poseen un diámetro reducido y un motor conectado directamente a un extremo. El aire ingresa y sale del impulsor en una dirección perpendicular al eje, lo que hace que pase a través del impulsor (S&P, 2018).

**Ventilador axial.** - El aire ingresa y después es expulsado del ventilador a lo largo de un camino paralelo al eje de la hélice. Son adecuados cuando es necesario mover grandes cantidades de aire a una presión relativamente baja. Estos ventiladores se caracterizan por ser económicos y además se recomienda no utilizar en ductos (S&P, 2018).

### 2.5.2. Análisis comparativo de ventiladores

En la *Tabla 14-2* se encuentran los tipos de ventiladores centrífugo, tangencial y axial con sus respectivas características.

**Tabla 14-2:** Comparativa entre las características de los ventiladores

Características	Centrífugo	Tangencial	Axial
Metodología de la ventilación	Impulsa el aire en una dirección determinada.	Dispersa el aire en áreas de máxima presión estática.	Permite que el aire entre y salga del ventilador
Precio (dólares)	\$24-900	\$12- 500	\$5-400
Voltaje de alimentación	12 V a 230/400V	12 V a 400 V	12 V a 110/220 V
Silencioso	No	Si	Si

Fuente: (S&P, 2018)

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

De acuerdo con la *Tabla 14-2* los ventiladores tipo axial son adecuados para la construcción del prototipo, ya que el aire entra y sale del ventilador, convenientes para el ambiente cerrado, además de ser silenciosos y económicos.

## 2.6. Sistema de riego mediante microaspersión

Para el desarrollo del prototipo se toma en cuenta el riego por microaspersión como se observa en la *Ilustración 15-2*, planteado en el estudio de cámaras de germinación. Este método implica la aplicación de agua en forma de lluvia, donde se requiere de una presión, que es mucho menor a lo que requiere un sistema por aspersión. Entre las principales características destacan: las partes comunes son pequeños y económicos, la instalación es generalmente fija mejorando la eficiencia del riego, requiere bajos caudales para su operación, ideal para controlar el microclima (INTA, 2014, pp. 16). Este sistema consta de un microaspersor que tiene un deflector giratorio, llamado rotor o bailarina, proporciona un mejor diámetro de cobertura, menos precipitación, gotas de mayor tamaño, mejorando así la distribución del agua, puede instalarse directamente sobre tuberías de polietileno (PE) de superficie o sobre varillas soporte y microtúbulos. Tiene fácil montaje y manejo, para crear el ambiente de microaspersión se necesita de bombeo que suministre la presión y caudal adecuados (Novagric, s. f.).



**Ilustración 15-2:** Microaspersión

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

El riego por microaspersión es necesario la utilización de electroválvulas, que son las encargadas de abrir y cerrar el paso del agua, según las condiciones establecidas por el programador. También es necesario utilizar bomba de agua, tipo diafragma o membrana por su versatilidad, son las encargadas de suministrar el agua desde el tanque hacia el prototipo germinador.

### 2.6.1. *Electroválvula*

Es un dispositivo electromecánico fundamental en los circuitos que regulan el flujo de diversos fluidos, especialmente el agua. Posee una amplia gama de aplicaciones que hace necesario conocer sus características y funcionamiento para su manejo. La válvula solenoide está controlada por una corriente eléctrica mediante una bobina magnética dependiendo del trabajo que vaya a realizar. Por un lado, cuando esté cerrada y reciba la señal, el solenoide se abrirá durante un rango

de tiempo o también pueden programarse para que funcionen bajo ciertas condiciones, por otro lado, cuando esté abierta y esta señal reciba, el solenoide cortará el flujo (HNTTOOLS, 2022).

### 2.6.2. Bomba de agua con diafragma

Este dispositivo se utiliza para bombear agua de un lugar a otro. Su funcionamiento es básico, se encarga de transferir energía a la corriente del fluido impulsándolo. Este tipo de bombas son versátiles, hechas de material de goma o plástico. Cuando el diafragma se flexiona, la presión dentro de la bomba disminuye, lo que atrae el fluido. Dependiendo de la bomba, el diafragma puede flexionarse usando diferentes métodos. Cuando el diafragma se flexiona para atrás, el líquido sale hacia el otro lado y, de este modo, succiona o expulsa el líquido que se está bombeando (HNTTOOLS, 2022).

## 2.7. Bloque de calefacción

Es un método o sistema equipado con un ventilador, que permite dirigir el aire caliente a diferentes áreas para mantener o aumentar la temperatura (Martínez, 2022).

### 2.7.1. Tipo de calefacción

Los calefactores pueden utilizar GLP, diésel como combustible o pueden ser eléctricos como se muestran en la *Ilustración 16-2*.



**Ilustración 16-2:** Tipos de calefactores

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Calefactor de gas LP.-** Son generadores de aire caliente potentes, útiles para zonas bajo cero; ya que el gas LP se congela a -187 grados centígrados, lo que evita que el calentador se congele y se apague, permitiendo controlar y amortiguar los cambios extremos de temperatura, además de ser alimentado desde un tanque central (Hydro Environment, 2022).

**Calefactor diésel.** - Puede operar incluso en temperaturas extremas. Dispositivo móvil ideal con un tamaño de menos de 100 m<sup>2</sup>. La desventaja es que los tanques de diesel deben llenarse con equipos, lo que también requiere una mayor inversión en equipos por BTUs y requiere más mantenimiento preventivo, como limpieza de tanques, filtros y bombas (Hydro Environment, 2022).

**Calefactor eléctrico.-** Consiste en una resistencia que actúa como fuente de calor, un radiador de calor que disipa el calor generado y un ventilador que hace circular el aire rápidamente para una mejor transferencia, útil para un calentamiento rápido de habitaciones porque todas las resistencias logran una eficiencia de conversión eléctrica a térmica del 100 % (Guías Prácticas, 2014).

### 2.7.2. Análisis comparativo de calefactores

En la *Tabla 15-2* se muestra las características de los tipos de calefactores.

**Tabla 15-2:** Comparativa de características entre tipos de calefactores

Características	Calefactor de gas LP	Calefactor diésel	Calefactor eléctrico
Alimentación	Gas	Diésel	Eléctrica de 12V - 220V
Requiere instalación	Si	Si	No
Generan gases nocivos	Si	Si	No

**Fuente:** (Hydro Environment, 2022);(Guías Prácticas, 2014)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En base de la *Tabla 15-2* se opta por el calefactor eléctrico, a diferencia de los calefactores de gas y diésel no generan gases nocivos que puedan infectar a los brotes, además no requieren de instalaciones adicionales de tuberías y su alimentación eléctrica es de 12V- 220V.

### 2.8. Bloque de iluminación por diodo Led

Del estudio realizado de las cámaras de germinación investigadas se opta por el uso de diodo Led como se observa en la *Ilustración 17-2*. Estos son encargados de emitir luz de manera eficiente y eficaz cuando se encuentra polarizado directamente, además de ser de larga duración. Las principales características son: ahorro energético, eficacia lumínica y la versatilidad de acoplarse en cualquier tipo de ambiente, este tipo de iluminación es considerada ecológica ya que no utiliza mercurio o gases que producen efecto invernadero, están libres de elementos tóxicos y también reemplazarse fácilmente si se dañan. (Ochoa, 2020). Para su funcionamiento, se conecta corriente al semiconductor superior del Led, lo que permite el paso de la corriente y que el semiconductor emita luz (Tapia & García, s. f.).

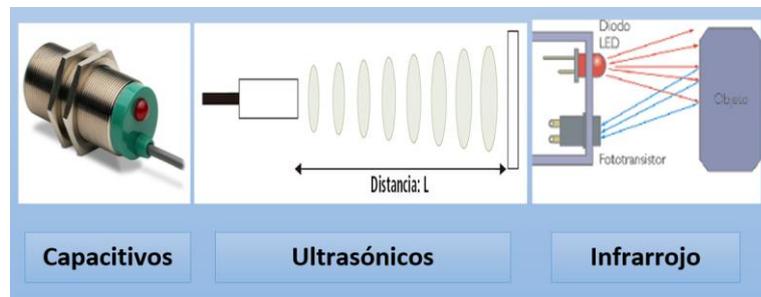


**Ilustración 17-2:** Diodo Led

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

## 2.9. Bloque de sensores

Dispositivos eléctricos o mecánicos que convierten una magnitud física en un valor medible de dicha cantidad. Generalmente, los valores medidos son una señal eléctrica codificada en forma analógica o digital (Torres & Fernández, 2022). En la *Ilustración 18-2* se visualiza los tipos de sensores tales como: capacitivos, ultrasónicos e infrarrojos.



**Ilustración 18-2:** Tipos de sensores

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Sensores capacitivos.** - Se utilizan para detectar materiales no metálicos como cartón, vidrio, papel, cerámica, madera, plástico, aceite, agua, tintas, arena, cemento, entre otros materiales pertenecientes a los grupos de sólidos, líquidos y polvos. Su sensibilidad está fuertemente influenciada por el grado de humedad en el ambiente, el objeto a detectar y el tipo de material (Torres & Fernández, 2022).

**Sensores ultrasónicos.** - Como se puede observar en la *Ilustración 15-2*, estos sensores producen sonidos en el rango inaudible en cualquier frecuencia. El cálculo para determinar la distancia a los obstáculos se puede obtener midiendo el tiempo de vuelo de las ondas ultrasónicas entre el

par receptor-transmisor y el objeto. En otras palabras es un sensor que envía una señal, si esa señal golpea un objeto, el sensor la devuelve y la vuelve a leer (Oconitrillo, 2018).

**Sensores infrarrojos.** – Componente electrónico que puede medir la radiación electromagnética infrarroja de los objetos en su área de visión. Todos los objetos reflejan alguna cantidad de radiación que es invisible a simple vista, pero invisible para estos dispositivos. Se debe a la radiación infrarroja se encuentra en el espectro electromagnético por debajo de la luz visible. Dichos sensores pueden clasificarse como pasivos si están equipados únicamente con un receptor de infrarrojos y como activos si consisten en un par transmisor-receptor (Zambrano & Pinto, 2009).

### 2.9.1. Análisis comparativo de sensores

En la *Tabla 16-2* se muestra algunas características de las familias de los sensores.

**Tabla 16-2:** Comparativa entre las características de los sensores

Características	Sensores capacitivos	Sensores ultrasónicos	Sensores infrarrojos
Tamaño	10 µm hasta 15 mm aproximadamente	45 mm x 20 mm x 15 mm	7 mm x 5 mm x 4 mm hasta 32 mm x 15 mm x 15 mm
Alimentación	0-10 V, 10 V	5 V	3.3 a 5.5 V
Corriente máxima	4-20 mA y 0-20 mA	15 mA	50 mA a 100 mA
Rango de medida	1 mm a 50 mm	2 cm a 450 cm	1mm hasta 550 cm
Detectan	Materiales no metálicos	Materiales sólidos, en polvo o líquidos	Radiación electromagnética de los cuerpos.
Tipo de medición	Distancia, desplazamiento y posición sin contacto	Distancia	Temperatura y detección de objetos calientes.

**Fuente:** (Torres & Fernández, 2022);(Oconitrillo, 2018)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 16-2* se tiene la comparación de las familias de sensores en la cual se eligió los sensores capacitivos que brindan una mayor eficiencia y tienen la capacidad para medir cualquier tipo de material que no sea metálico. Por otro lado, también posee un tamaño de reducido de 10 µm hasta 15 mm aproximadamente y tienen un rango de medida de 1 mm a 50 mm que es suficiente para las dimensiones del prototipo.

### 2.10. Bloque de alimentación

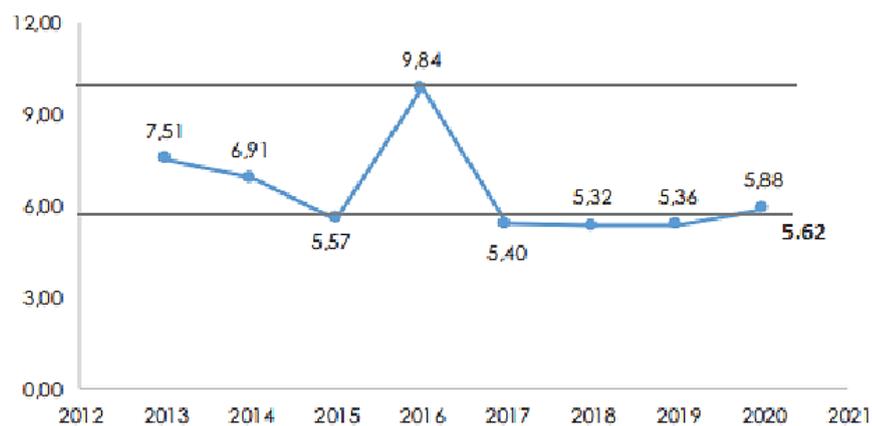
El sistema de alimentación se encarga de proporcionar la energía suficiente al sistema electrónico, para lo cual se tiene lo siguiente:

### 2.10.1. Red eléctrica

Inicia donde se produce la electricidad y termina cuando llega a los consumidores. En su forma más simple, un circuito de corriente alterna (CA) consta de una fuente de corriente y una carga eléctrica. La fuente de alimentación proporciona energía eléctrica que la carga convierte en otra forma de energía, por lo que en la actualidad la mayoría de aparatos, componentes electrónicos, circuitos, entre otros utilizan la electricidad para energizarse (Barrero, F., 2004).

Al hablar de un generador electrónico es fundamental tener en cuenta el suministro de energía eléctrica constante que permite que los circuitos electrónicos funcionen.

Para ello en Ecuador, según el Operador Nacional de Electricidad, el promedio en horas de desconexión de energía eléctrica por las cuales el país se ha sometido corresponde a un rango de 5.4 a 9.84 horas como se puede observar en la *Ilustración 19-2*. Producidas generalmente por fallas o mantenimientos programados en la red eléctrica (CENACE, 2020, pp.65-65).



**Ilustración 19-2:** Horas de desconexión de suministro eléctrico en Ecuador

Fuente: (CENACE, 2020)

A nivel local, la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. (2022), informa que la desconexión eléctrica ocurre principalmente por cuestiones de trabajos programados, mantenimientos o fallas, tienen una duración aproximada de 2 a 3 horas, valor que se toma en cuenta en la selección del sistema de respaldo.

### 2.10.2. Sistema de respaldo baterías

Dispositivo formado por celdas electroquímicas que convierten la energía química interna en energía eléctrica. Por lo tanto, se utilizan para generar corriente continua y alimentar varios circuitos según el tamaño y la potencia (Concepto, 2021). A continuación, se detalla tres principales tipos de baterías más utilizadas.

**Batería Li-Po.** - Comúnmente conocidas como baterías de polímero de litio, generalmente de 5 V, conectada en paralelo para incrementar la capacidad de carga de corriente, de forma cuadrada o rectangular, de apariencia metálica y de consistencia suave, se caracteriza porque el término "polímero" viene dado por dos conceptos. En primer lugar, utiliza un plástico delgado sobre el que se depositan moléculas de litio y, en segundo lugar, utiliza un electrolito de polímero, en forma de gel. Por esta razón, dichas baterías no tienen el defecto llamado "fuga de batería" o goteo de batería que tienen otras baterías convencionales (Trejos, 2016, pp. 16).

**Batería Li-ion.** - Conocidas comercialmente como iones de litio, suelen ser de apariencia cilíndrica, baterías rígidas que utilizan sales de litio para almacenar iones para reacciones electroquímicas y su eficiencia en términos de la corrosión debida a ciclos de descarga relativamente bajos lo que lo hace ideal para el uso de capacitores para la industria masiva de electrónica de entretenimiento. El único inconveniente de estas baterías es su sensibilidad a las altas temperaturas, que pueden provocar daños o explosiones. Por lo tanto, se requiere un circuito de protección para evitar estas deficiencias, lo que hace que el circuito sea más costoso de fabricar y menos desarrollado para el consumo masivo (Trejos, 2016, pp. 17).

**Batería AGM.** - Proviene de las siglas en inglés de Absorbent Glass Mat que significa alfombras de vidrio, es la última tecnología para la producción de baterías en la que los ácidos son mejor absorbidos en menor tiempo por las baterías de plomo, alargando así el tiempo de vida de estas baterías, además de ser a prueba de fugas, resistente a derrames y libre de mantenimiento, pero lo más importante es que están diseñadas para ser compatibles con sistemas electrónicos sensibles (COELECTRIX, 2022).

### 2.10.3. Análisis comparativo de baterías

En base a lo revisado anteriormente se presenta la *Tabla 17-2* donde se realiza una comparación con respecto a las tres baterías citadas anteriormente.

**Tabla 17-2:** Comparativa de las características entre los tipos baterías

Parámetro	Baterías Li-Po	Baterías Li-ion	Baterías AGM
Tiempo de carga	1-1.5 horas	2-4 horas	2-4 horas
Energía	100-130 Wh	110-160 Wh	168-336 Wh
Autodescarga por mes	10%	25%	<2%
Voltaje	3.7 V	3.7 V	2 V-24 V
Necesita mantenimiento	Si	Si	No

**Fuente:** (Mastervolt, s. f.);(Quintero et al., 2021)

**Realizado por:** Moyon Jeshica y Reino Carmen, 2023.

Basándose en la *Tabla 17-2* se elige la familia de baterías AGM por su bajo índice de descarga por mes de menor 2% lo que brinda mayor seguridad al sistema ante la presencia de alguna falla y no necesita de mantenimiento.

## **2.11. Tarjetas de desarrollo**

Herramientas utilizadas para crear prototipos y construir sistemas analógicos o digitales, actualmente existen diversos tipos que varían en su tamaño, velocidad de procesamiento, funcionalidad, entre otras características (González Cárdenas & Silva Gómez, 2013).

**Arduino.** - Plataforma de desarrollo de *hardware* libre, fundamentado en microcontroladores ATMEL programable y un conjunto de pines que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador, sensores y actuadores. Tienen la particularidad de combinar lo físico y lo virtual, haciéndolos superiores a otros sistemas y viabilizando muchas aplicaciones (Altamirano & Puente, 2016, pp. 32). Los microcontroladores ATMEL son circuitos integrados que pueden almacenar instrucciones que escribes en un lenguaje de programación que puedes usar en el IDE de Arduino (Arduino, 2022).

**Raspberry PI.** - El módulo es capaz de conectarse a una red TCP/IP mediante un conector tipo RJ45, posee un almacenamiento de tipo memoria SD de 4 GB donde se instala el sistema operativo y las aplicaciones necesarias para el sistema domótico. La unidad de configuración se conecta a los dispositivos de teclado y mouse a través del puerto USB, y el monitor se conecta por el conector de video tipo RCA en formato analógico o en formato digital a través del puerto HDMI (Velásquez & Gómez, 2013, pp. 171).

**ESP8266.-** Estas placas son conocidas por la facilidad de uso que caracteriza a estas placas, además de su uso en IoT; por lo que ESP8266 marcar nuevas tendencias en muchas áreas. Es un chip integrado con conectividad Wifi y compatible con el protocolo TCP/IP. Tiene como objetivo permitir que cada microcontrolador acceda a la red (Programarfacil, 2018).

**FPGA.** - Dispositivos electrónicos reconfigurables. Se compone principalmente de CLB (Bloques lógicos configurables), cuya funcionalidad y enrutamiento se pueden ajustar varias veces mediante la importación de mapas de bits del diseño. Los bloques individuales están formados por elementos que pueden reducir diferentes funciones de transferencia (Ortiz, 2018, pp. 30).

### **2.11.1. Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo**

En base a la bibliografía revisada en la *Tabla 18-2* se realiza la comparación entre tarjetas de desarrollo.

**Tabla 18-2:** Comparativa entre tarjetas de desarrollo

Parámetros	Arduino	Raspberry Pi	ESP8266	FPGA
Consumo de energía	19 mA – 85 mA	140 mA – 320 mA	80 mA – 225 mA	42 mA – 78 mA
Procesador	Atmel AVR	ARM Cortex	Tensilica Xtensa LX106	Intel Cyclone
Voltaje de entrada	3.3 V- 12 V	Todos los modelos funcionan a 5V	2.5 V-3.6 V	1.5 V-3.3 V
Almacenamiento	EEPROM de 1 KB – 4 KB	MicroSD	Flash 4 MB	Flash 512 KB – 1.6 MB
Precio (dólares)	\$10-59	\$30-200	\$20-30	\$36-499
Peso	7-50 gr	16-50 gr	6.8-20 gr	23-40 gr
RAM	2 KB-32 KB	512 MB-4 GB	96 KB	75-1355 KB
Dimensiones	Min: 48x18 mm Max: 102x54 mm	Min: 65x56.5 mm Max: 85.6x56.5 mm	Min: 26x35 mm Max: 84.3x85.5 mm	Min: 65x65 mm Max: 82.6x52.6 mm

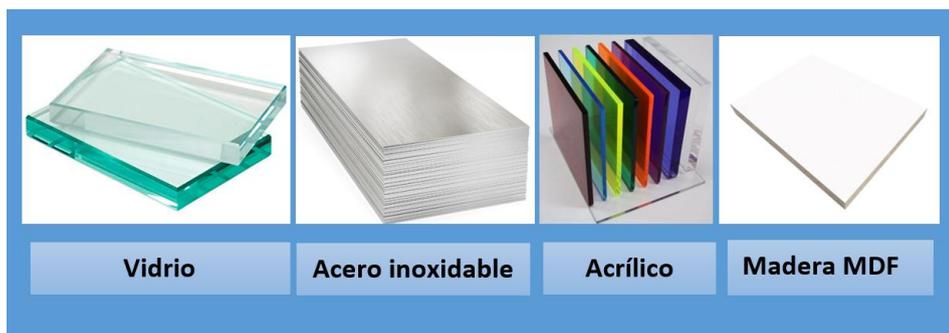
Fuente:(González Cárdenas & Silva Gómez, 2013)

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Del análisis de la *Tabla 18-2*, las tarjetas de desarrollo seleccionadas para la construcción del prototipo, pertenecen a la familia de Arduino y ESP8266 por su menor consumo de corriente. Las dos son de bajos costo, además de sus reducidas dimensiones.

## 2.12. Material de estructura parte interna y externa

Del estudio e investigación de germinadores electrónicos, se puede ver que están contruidos de diferentes materiales como: vidrio, acero inoxidable, acrílico y madera. A continuación, se detalla los principales tipos de materiales más utilizados, como se puede observar en la *Ilustración 20-2*.



**Ilustración 20-2:** Tipos de materia de la estructura

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen. 2023.

**Vidrio.** – Es un material sólido inorgánico con las siguientes características: duro y a la misma vez frágil. Puede ser transparente o de diferentes tonalidades dependiendo de la composición química que lo funda (LENTECH, s/f).

**Acero inoxidable.** – Es una aleación de hierro, cromo, carbono y principalmente de níquel. La adición de cromo permite la característica de resistencia a la oxidación y a la corrosión. (Ulbrinox, 2020).

**Acrílico.** - Es un material flexible y se usa comúnmente en la construcción de cualquier proyecto. Esto se debe gracias a las siguientes características: resistencia a diversas condiciones climáticas, soporta largas horas a eventos de radiación UV, sin dañar su estructura, además poseen flexibilidad y durabilidad (ECURED, s/f).

**Madera MDF.** – Es un material duradero con una variedad de acabados que permiten personalizar de forma única cualquier propósito de trabajo. Este tipo de madera se fabrican comprimiendo las fibras de la madera y mezclándolas con una resina para dar mayor resistencia (Aglom, 2020).

### 2.12.1. Análisis comparativo del material estructural interno y externo

En base a lo revisado anteriormente se presenta la *Tabla 19-2* donde se realiza una comparación con respecto al materia a utilizarse para la estructura interna y externa citadas anteriormente.

**Tabla 19-2:** Comparativa del material de la estructura de la parte interna y externa

Parámetros	Vidrio	Acero inoxidable	Acrílico	Madera
Peso	10 kgr/m <sup>2</sup> - 30 kgr/m <sup>2</sup>	11.89 kgr - 356.70 kgr	5.60 kgr – 45.77 kgr	7.50 kgr – 77.40 kgr
Resistencia	Medio	Alto	Alto	Alto
Precio (dólares)	\$110 - \$1.800	\$150 - \$2.020	\$62	\$22
Frágil	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Dureza (Mohs)	6.0-7.0	6.0	8.0-9.0	6.0-9.0
Susceptible a corrosión	No	Si	No	Si

Fuente: (Ulbrinox, 2020)

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen. 2023

Del análisis de la *Tabla 19-2* el material seleccionado para la estructura interna del prototipo es el acrílico y la externa estará recubierto con madera MDF debido a que tienen un menor peso, mayor dureza, resistencia y el precio es económico a comparación de los otros materiales.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detalla los requisitos que debe cumplir el prototipo electrónico, se detalla la concepción de la arquitectura, los bloques que lo conforman, componentes *hardware* y *software*, conexiones y algoritmos para su implementación.

#### 3.1. Requerimientos del Germinador PRO

En base a la investigación realizada en el capítulo anterior se planteó los requerimientos necesarios para el diseño e implementación de un prototipo electrónico germinador de semillas aplicado para la producción de brotes para el área alimenticia los cuales se describen a continuación:

- El prototipo inicialmente permitirá obtener brotes de las semillas de: lenteja, alfalfa, quinoa.
- Determinar cuatro etapas fundamentales para la concepción de la arquitectura como: adquisición de datos, actuación, control y recepción, y visualización de la información.
- La etapa de adquisición de datos contará con los siguientes sensores: humedad relativa, temperatura y luminosidad
- El sensor a utilizarse debe medir variables de humedad relativa y temperatura. Por un lado, la temperatura a controlar deberá encontrarse entre los 20°C a 30°C y la humedad estará en un rango de 50% a 80%, considerando una exactitud de temperatura de  $\pm 1^\circ\text{C}$  y humedad de  $\pm 5\%$  RH.
- El sensor de luminosidad debe encontrarse en un rango de 750 a 1250 Luxes, considerando una exactitud de  $\pm 4$  Lx.
- La etapa de actuación deberá poseer los siguientes elementos: calefactor eléctrico, ventilador tipo axial, iluminación Led y sistema de riego por microaspersión.
- La etapa de adquisición de datos tendrá la capacidad de conectarse a internet para almacenar la información de las variables en una base de datos gratuita.
- Sé empleará tecnología WiFi para enviar la información desde la etapa de control y recepción hacia la base de datos.

- El germinador PRO contará con claves de ingreso, las mismas que determinarán el modo de acceso (usuario y técnico), estas claves deberán ser proporcionadas y registradas por el técnico.
- El usuario es el encargado de inicializar el proceso y visualizar los parámetros de: humedad, temperatura, luminosidad, nivel de batería, los días de germinación del brote y nivel de agua del tanque y bandeja.
- El técnico se encargará de configurar los niveles de referencia de los parámetros: temperatura, luminosidad, tiempo de germinado de cada semilla y testear manualmente los actuadores ante posibles fallas.
- Supervisión de parámetros del Germinador PRO deben ser en tiempo real.
- Se podrá visualizar la información recolectada de los brotes germinados mediante una interfaz mediante una pantalla HMI táctil.
- Diseñar una aplicación móvil que esté vinculada con la base de datos y al germinador PRO, en donde la información recopilada deberá ser visualizada de manera remota por el usuario.
- El germinador electrónico emitirá notificaciones de aviso mediante la aplicación móvil cuando la etapa de germinado haya llegado a su fin, de igual forma se notificará si el nivel de batería se encuentre baja en caso de existir desconexión eléctrica.
- La aplicación móvil deberá ser de fácil instalación y manejo.
- El sistema de respaldo de baterías tendrá una duración de 3 horas.
- Deberá ser de bajo costo con relación a germinadores comerciales de similares características.
- Manejo intuitivo del Germinador PRO.

### **3.1. Concepción de la arquitectura general del prototipo**

En la *Ilustración 1-3* se puede observar las cuatro etapas fundamentales del Germinador PRO: adquisición de datos, actuación, control y recepción, y visualización de la información.

**Etapa de adquisición de datos.** – Está compuesto por un sensor que mide las variables de temperatura, humedad y por un sensor de luminosidad.

La información recolectada se envía a la etapa de control y recepción donde es procesada por placa Arduino mega 2560 PRO.

**Etapa de actuación.** – Recibe la orden de la etapa de control y recepción mediante la tarjeta de desarrollo Arduino mega 2560 PRO, los actuadores de ventilación e iluminación se activarán mediante regulación de ancho de pulso, mientras que la calefacción y el riego se activarán utilizando relés y bombas respectivamente.

**Etapa de control y recepción.** – Entre las principales funciones de esta etapa destacan: recepción, procesamiento e interpretación de la información.

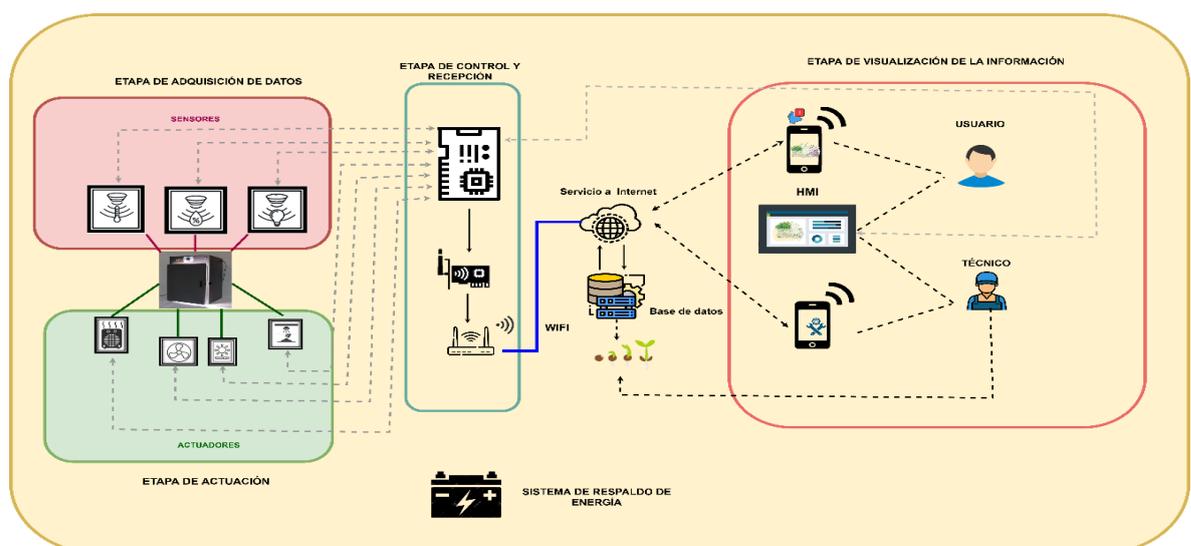
Cuando se detecta cambios en el estado de las variables registradas en la base de datos inmediatamente se activarán los actuadores para controlar la estabilidad del Germinador PRO.

Es importante señalar que este módulo establece una conexión WiFi hacia un Gateway, este se conecta vía internet para almacenar la información en Firebase y para luego ser visualizados en el siguiente bloque.

**Etapa de visualización de la información.** - Es el encargado de mostrar los datos almacenados de los brotes en la nube mediante una interfaz de pantalla HMI táctil y una aplicación móvil.

En donde el usuario será el encargado de inicializar la germinación y visualizar los parámetros de: humedad, temperatura, luminosidad, nivel de agua: tanque y bandeja, días de germinación del brote y nivel de batería. Y el técnico es el encargado de configurar los niveles de referencia de los parámetros: temperatura, luminosidad, tiempo de germinado de cada semilla y testear manualmente los actuadores ante posibles fallas.

Además, la aplicación móvil emitirá notificaciones de alerta cuando se complete la fase de germinación, nivel bajo del tanque y cuando la batería esté baja en caso de existir una desconexión eléctrica.



**Ilustración 1-3:** Concepción general del prototipo

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.2. Diseño de la arquitectura del Germinador PRO

A continuación, se detalla mediante diagramas de bloques el funcionamiento de las etapas que conforma el Germinador PRO.

#### 3.1.1. Etapa de adquisición de datos

En la *Ilustración 2-3* se puede observar el diagrama de bloques de la etapa mencionada, la cual está compuesta por cuatro bloques.

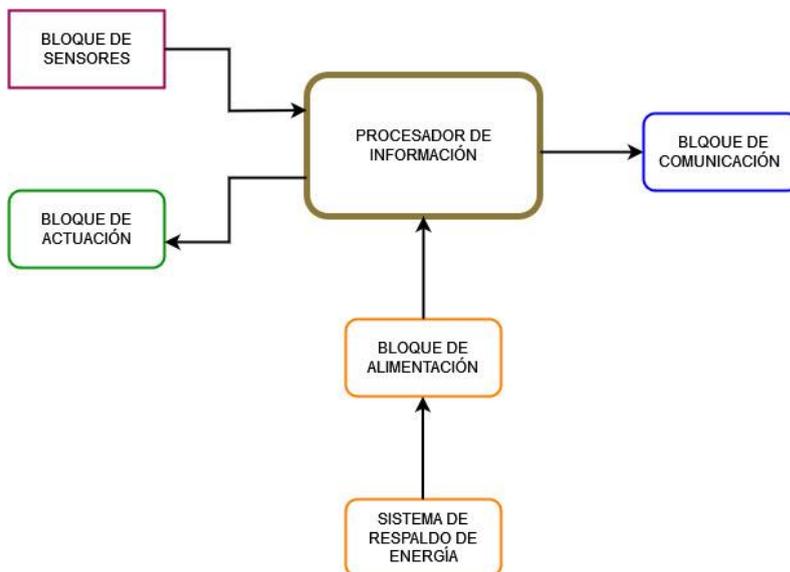
Bloque de adquisición de datos: Compuesto por los siguientes sensores: humedad, temperatura y luminosidad.

Bloque de actuación: Está compuesto por cuatro actuadores que son: ventilador, calefactor, iluminación Led y sistema de riego.

Bloque procesador de información: Compuesto por una tarjeta de desarrollo Arduino 2560 mega PRO, el cual recibe y procesa la información mediante sus entradas digitales y analógicas.

Bloque de comunicación: Una vez procesado los datos son enviados mediante el chip ESP8266, el cual establece una conexión inalámbrica WiFi hacia un Gateway, luego se almacena los datos y posteriormente se envía la información al módulo de visualización de información.

Bloque de alimentación: Encargado de suministrar corriente al prototipo, así mismo posee un bloque de respaldo de batería ante una posible desconexión de la energía eléctrica.



**Ilustración 2-3:** Diagrama de bloques del módulo de adquisición de datos

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.2. Etapa de control y recepción

El diagrama de bloques del módulo de control y actuación está conformado por cinco bloques como se puede observar en la *Ilustración 3-3*.

Bloque de adquisición y recepción de datos: Se encarga de recibir la información de la etapa de adquisición de datos mediante la tarjeta de desarrollo Arduino mega 2560 PRO, este a su vez establece una conexión WiFi con el ESP8266.

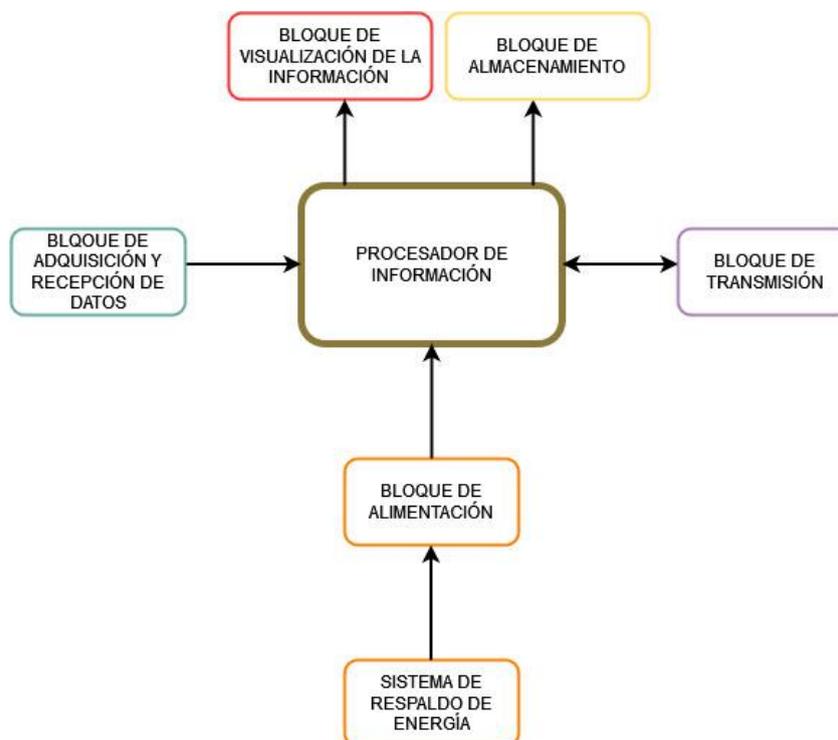
Bloque procesador de información: Compuesto por una tarjeta de desarrollo Arduino MEGA PRO, el cual recibe información mediante sus terminales GPIO.

Bloque de visualización de la información: Se encarga de mostrar los diferentes parámetros del germinador PRO en tiempo real mediante la aplicación móvil y la pantalla HMI táctil.

Bloque de almacenamiento: Compuesta por una base de datos gratuita localizada en la nube, encargada de recolectar la información de los estados de los parámetros registrados.

Bloque de alimentación: Genera el suministro eléctrico necesario para el encendido del prototipo.

Bloque de transmisión: Se realiza vía internet, con este bloque se interactúa con la base de datos gratuita Firebase.



**Ilustración 3-3:** Diagrama de bloques del módulo de control y recepción

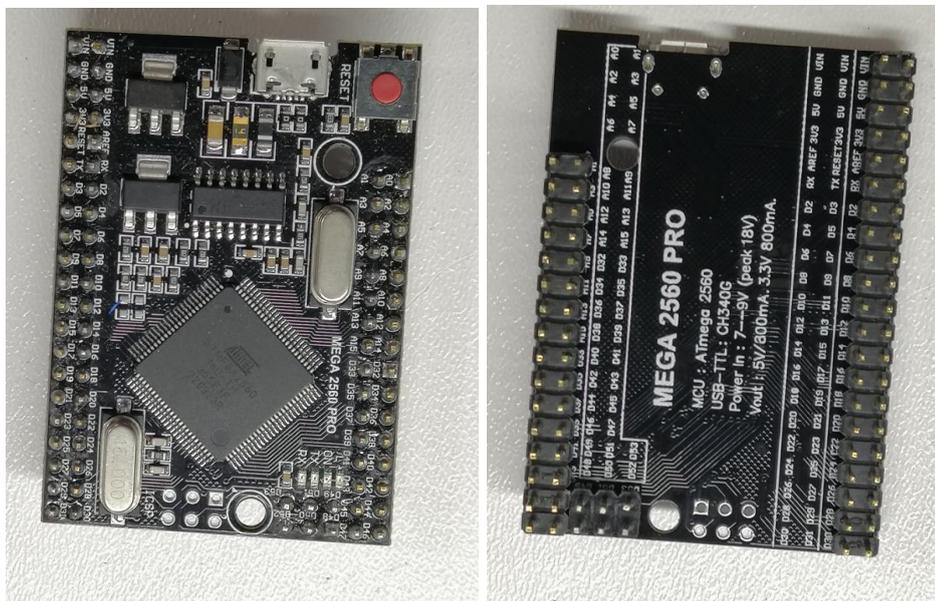
**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.3. Selección del *hardware* para el Germinador PRO

En el siguiente apartado, se detallan los componentes utilizados para la construcción del prototipo germinador PRO, una descripción y las principales especificaciones técnicas.

#### 3.1.3. *Arduino mega 2560 PRO*

Funciona como la versión estándar del Arduino mega 2560. Es una placa integrada pequeña, contiene el chip original ATmega2560 de 16 MHz. Se basa en el microcontrolador Atmel ATmega2560 y el chip de interfaz USB-UART CH340G, puertos seriales por *hardware*, conexión micro USB, conector ICSP y un botón de reset, véase en la *Ilustración 4-3*, proporciona resultados de intercambio de datos estables cuando se trabaja con 12 MHz de frecuencia y es capaz de manejar voltajes de entrada de 6 V a 9 V (18V máximo) en CC(Naylamp, s. f.).



**Ilustración 4-3:** Arduino mega 2560 PRO

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 1-3* se describe las principales especificaciones técnicas del Arduino mega 2560 PRO, válidas para el proyecto. Para más información véase el Anexo A se presenta su información técnica.

**Tabla 1-3:** Principales especificaciones técnicas del Arduino mega 2560 PRO

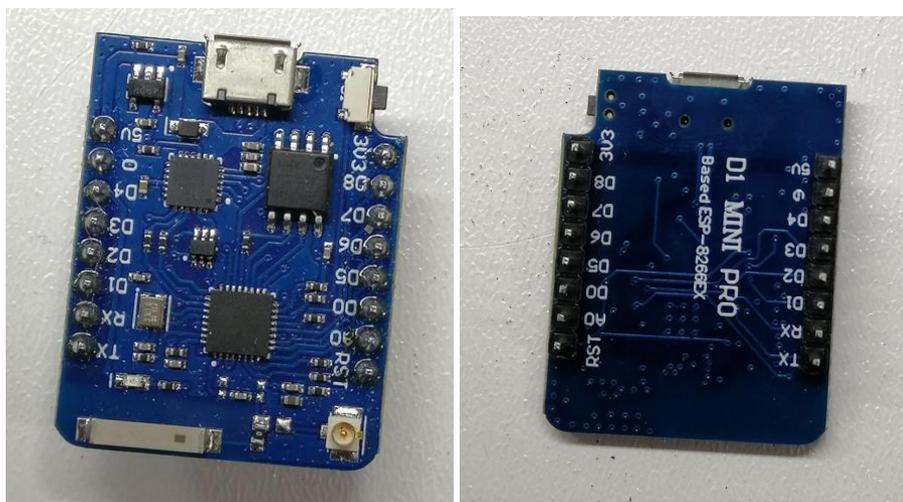
Especificación técnica	Valor
Voltaje de Operación	5V
Consumo de corriente	220 mA
Microcontrolador	ATmega2560
E/S analógicas	16

E/S digitales	54 (15 salidas PWM)
Memoria FLASH	256KB
Memoria SRAM	8KB
Memoria EEPROM	4KB
Velocidad de reloj	16Mhz
Dimensiones	54x38 mm
Peso	37 gr

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.4. ESP8266 Wemos D1 mini

Se encuentra integrado por un potente microcontrolador con arquitectura de 32 bits, posee conectividad a WiFi, tiene incorporado un SoC(System On a chip) de Espressif Systems es un chip especialmente diseñado para las necesidades de un mundo conectado incluye un puerto Micro SD, un convertidor serial, un regulador de voltaje que permite alimentarlo con 5V. Como se puede observar en la *Ilustración 5-3* es una tarjeta desarrollo compacta que permite desarrollar aplicaciones en diferentes lenguajes, por ejemplo: Arduino, MicroPython, C/C++, Lua , Scratch (Naylamp Mechatronics, s. f.).



**Ilustración 5-3:** ESP8266 Wemos D1 mini con antena inalámbrica WiFi

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 2-3* se describe las especificaciones técnicas principales del funcionamiento del ESP8266 Wemos D1 mini. Para más información véase el Anexo B.

**Tabla 2-3:** Principales especificaciones técnicas del ESP8266 Wemos D1 mini

Especificación técnica	Valor
Voltaje de alimentación	5V
Consumo de corriente	70 mA

Voltaje de E/S	3.3V
Velocidad del procesador	80 – 160 MHz
Memoria Flash	16 MB máx. (512 k normal)
Conectividad	Wifi Direct- P2P
Terminales digitales	11 (a 3.3V)
Terminales analógicos	1 (de 0-1V)
Dimensiones	35x26x12mm
Peso	6gr

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.5. *Sensor FS200-SHT1*

Fabricado por la empresa Sensirion Company, el sensor digital SHT1X es capaz de medir temperatura y humedad, diseñado para uso en exteriores o aplicaciones que requieran medición de temperatura y/o humedad en condiciones adversas. Útil para ambientes de microclima, invernadero, jardín, césped. La resolución es de hasta 14 bits, posee una autocalibración interna, alta fiabilidad y estabilidad a largo plazo (Agelectronica, 2019), véase en la *Ilustración 6-3*.



**Ilustración 6-3:** Sensor FS200-SHT1

**Elaborado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 3-3* se describe las especificaciones técnicas del funcionamiento principal del sensor FS200-SHT1. Para más información véase el Anexo C.

**Tabla 3-3:** Principales especificaciones técnicas del sensor FS200-SHT1

Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	3.3 - 5 V máximo
Corriente de funcionamiento	15 mA
Rango de medida de temperatura	- 20 ~ 100°C
Rango de medida de humedad	0 ~ 100 % HR
Señal de salida	Tipo numérico
Precisión de humedad	3 %
Precisión de temperatura	0.5 °C
Condiciones de trabajo	- 20 °C ~ 90 °C, 0 ~ 99% RH
Dimensiones	49mm x 14mm
Peso	70 gr

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.6. Sensor de luz digital BH1750

Sensor que mide el flujo de luz. Tiene un convertidor analógico/digital (ADC) interno de 16 bits, por lo que proporciona una salida digital en formato I2C. Es superior a las resistencias dependientes de la luz (LDR) porque no se requiere conversión de voltaje para producir datos interpretables. Se usa para controlar la intensidad lumínica en trabajos de domótica o mediciones de luz ambiental, su unidad es el lux (Lx) (Naylamp Mechatronics, 2016), véase en la *Ilustración 7-3*.



**Ilustración 7-3:** Sensor de luz digital BH1750

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 4-3* se describe las especificaciones técnicas del funcionamiento principal del sensor de luz digital BH1750. Para más información véase el Anexo D.

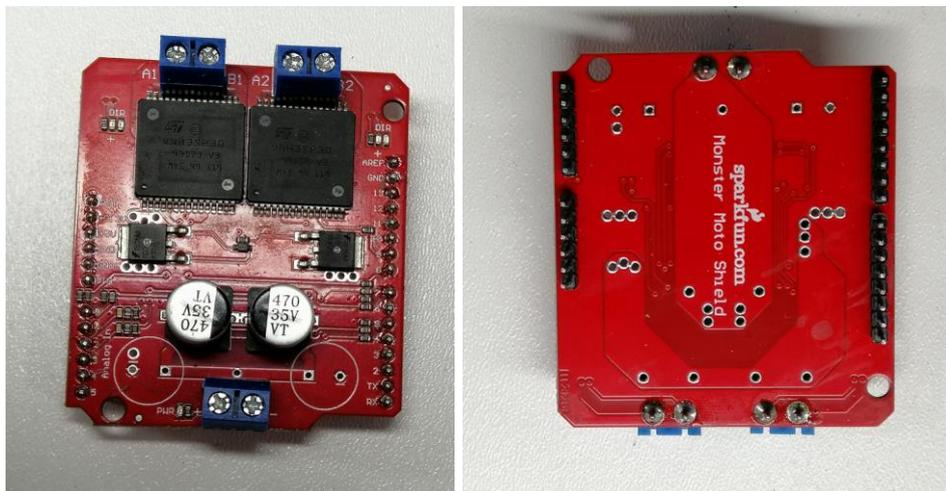
**Tabla 4-3:** Principales especificaciones técnicas del Sensor de luz digital BH1750

Especificación técnica	Valor
Voltaje de Operación	3 V - 5 V
Suministro de corriente	7 mA
Rango de medición	1-65535 lux
Rechazo de ruido a	50/60 Hz
Temperatura de operación	-40 °C-85 °C
Tolerancia	± 20%

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.7. *Monster Moto Shield*

Está basado en L293D, compuesto por un par de controladores de motor de puente completo o motor full-bridge VNH2SP30, véase en la *Ilustración 8-3*. Trabaja a un voltaje máximo de 16V. La placa pueda impulsar un par de motores de alta corriente El VIN y la salida del motor están preparados para terminales de tornillo de 5 mm para facilitar la conexión de cables gruesos (AV Electronics, s. f.).



**Ilustración 8-3:** Monster Moto Shield

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 5-3* se describe las especificaciones técnicas principales del funcionamiento del Monster Moto Shield. Para más información véase el Anexo E.

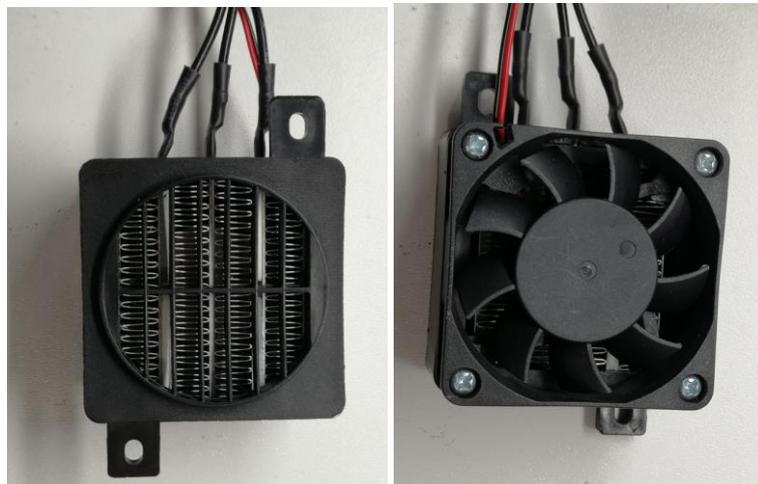
**Tabla 5-3:** Principales especificaciones técnicas del Monster Moto Shield

Especificación técnica	Valor
Voltaje de Operación	16V
Corriente continua	50 mA
Frecuencia: PWM máxima	20 kHz
Resistencia del mosfet	19 mΩ

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.8. Calefactor eléctrico PTC

Son dispositivos de calentamiento de elementos cerámicos PTC (Termistores de coeficiente de temperatura positivo), véase en la *Ilustración 9-3*. Son conocidos por su seguridad y durabilidad, es pequeño, portátil y tienen un calentamiento a temperatura constante y una alta tasa de conversión de calor, que los elementos de calefacción tradicionales no tienen. Los componentes están precableados para una fácil conexión y el montaje de armarios eléctricos para resolver dificultades de gestión térmica. No provoca fuego ni llamas cuando se utiliza, ideal para espacios reducidos con una potencia de 100 W. El calefactor usa alambre de silicona resistente al calor, la línea es “+” y la línea negra es “-”(Amazon, 2022).



**Ilustración 9-3:** Calefactor de aire PTC

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 6-3* se describe las especificaciones técnicas del funcionamiento principal del calefactor. Para más información véase el Anexo F.

**Tabla 6-3:** Principales especificaciones técnicas calefactor PTC

Especificación técnica	Valor
Voltaje	12 V
Potencia	100 W
Consumo de corriente	8.33 A
Peso	100.07 gr

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.9. Ventilador axial Wathai

Este dispositivo es una máquina de fluido, a prueba de humedad diseñado para áreas de humedad y refrigeración, véase en la *Ilustración 10-3*. Generalmente, contiene aspas, estas están contenidas dentro de una caja, utilizada para refrescar el aire (Electrónica JM, s. f.).



**Ilustración 10-3:** Ventilador axial Wathai

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 7-3* se describe las especificaciones técnicas del funcionamiento principal del calefactor. Para más información véase el Anexo G.

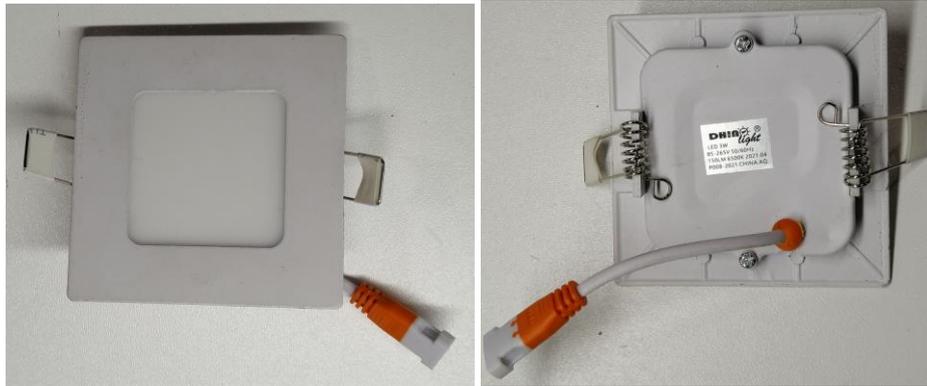
**Tabla 7-3:** Principales especificaciones técnicas del ventilador axial Wathai

Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	12 V
Potencia	1 W
Consumo de corriente	83.33 mA
Medida	92x92x25mm
Material	Plástico

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.10. Iluminación LED Dhin

Iluminación de alta calidad marca Dhino con un ahorro energético óptimo, véase en la *Ilustración 11-3*. Consume menos de 3W para una buena salida de luz de 6500 luxes, con un ángulo de iluminación extendido de 120°, este producto posee una garantía de 2 años según los estándares europeos CE (Gavá, s. f.).



**Ilustración 11-3:** Iluminación LED Dhin

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 8-3* se describe las especificaciones técnicas del funcionamiento principal de la iluminación LED Dhin.

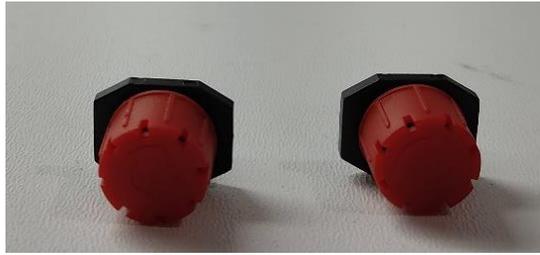
**Tabla 8-3:** Principales especificaciones técnicas de la iluminación LED Dhin

Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	85~265 V
Potencia	3 W
Consumo de corriente	35.29 mA
Frecuencia	50~60 Hz
Temperatura de color	3000 K (luz cálida) 0 6500 K (luz fría)
Color	Blanco
Forma	Cuadrado

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.11. Microaspersor Uxcell

Sistema de riego ajustable, uso eficaz del agua, capaz de mantener uniformidad de riego, *Ilustración 12-3*. Hecho de plástico, resistente al sol y al frío, no se oxida, su vida útil es larga, aspersor de 360 grados (Amazon, s. f.-c) .



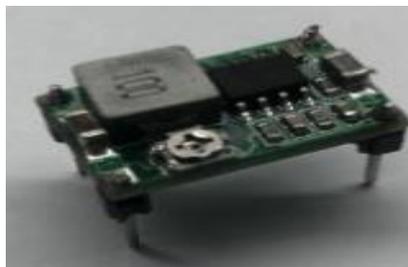
**Ilustración 12-3:** Microaspensor Uxcell

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.1.12. Otros elementos

Para la implementación del Germinador PRO se utilizó otros elementos de *hardware*, los cuales se describen a continuación.

**Convertidor DC-DC MP2307.-** Dispositivo electrónico que suministra una tensión de salida inferior a la tensión de entrada, con una frecuencia de conmutación de 340 KHz, una corriente de carga de 1.8A de forma continua y hasta de 3A durante un limitado tiempo, dispone de un potenciómetro variable para ajustar el voltaje de salida requerida en pasos de  $\pm 2.5\%$ , la diferencia máxima entre la tensión de salida y de entrada no debe sobrepasar los 25V, véase en la *Ilustración 13-3*. Entre las principales características destacan: tensión de entrada de 4.75 -23VDC, tensión de salida 1-17VCC, temperatura de funcionamiento de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$ , peso 3g y dimensiones 17x1x4mm (AV Electronics, 2022) .



**Ilustración 13-3:** Convertidor DC-DC MP2307

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Puente H L298N.-** Este dispositivo electrónico es un driver puente H L298N es muy utilizado para manejar motores DC de hasta de 2 Amperios. Tiene dos puentes H en el interior y puede impulsar dos motores DC o un motor paso a paso bipolar/unipolar. Permite controlar la velocidad y el sentido de giro de motores mediante señales TTL que se pueden obtener de tarjetas de desarrollo como Arduino, Raspberry, véase en la *Ilustración 14-3*. Entre sus principales características más importantes son: voltaje lógico 5V, consumo de corriente 0 a 36mA, potencia máxima 25W, peso 43x43x27mm y peso de 30 g (Naylamp Mechatronics, 2022).



**Ilustración 14-3:** Puente H L298N

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Electroválvula JELPC DC 12V, 3W.** – Entre sus principales características destacan: voltaje de funcionamiento de 12V, potencia de consumo 3W, tipo 2 vías normalmente cerrada, protección IP65 (Aliexpress, 2020).



**Ilustración 15-3:** Electroválvula JELPEC DC 12V, 3W

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Módulo relé de 4 canales.** – Dispositivo de 4 canales, generalmente utilizado para el control de cargas de potencia o microcontroladores como Arduino, AVR, ARM, PIC, PLC, etc. Es capaz de controlar el apagado y encendido de dispositivos de alta potencia, posee un led indicador en cada canal y un autocoplador para el aislamiento eléctrico, véase en la *Ilustración 16-3*. Entre sus principales especificaciones técnicas son: voltaje de operación 5 VCC, corriente de operación 10A, corriente de activación por relé de 15 mA-20 mA (VISTRONICA SAS, s. f.).



**Ilustración 16-3:** Módulo relé 4 canales

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

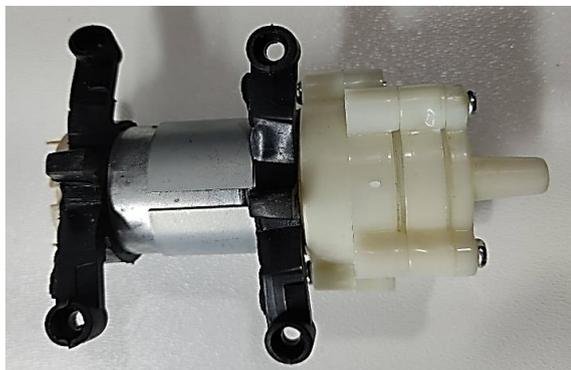
**Buzzer.** - Pequeño transductor que convierte la energía eléctrica en sonido. El funcionamiento se basa en el efecto piezoeléctrico. Opera a un voltaje DC de 5V, contiene 2 terminales, nivel de sonido 0.05 dB (Amazon, 2018), véase en la *Ilustración 17-3*.



**Ilustración 17-3:** Buzzer

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Bomba de agua de diafragma.-** Es una mini bomba, vease en la *Ilustracion 18-3*, tiene un voltaje de funcionamiento de 12 V y una corriente de funcionamiento de 0.5 – 0.7 A. El rango de succión de esta bomba de diafragma puede alcanzar 201.17 cm, mejorando eficazmente la eficiencia del trabajo (Amazon, s. f.-a).



**Ilustración 18-3:** Bomba de agua con diafragma

**Realizado por:** Moyon Jeshica y Reino Carmen, 2023

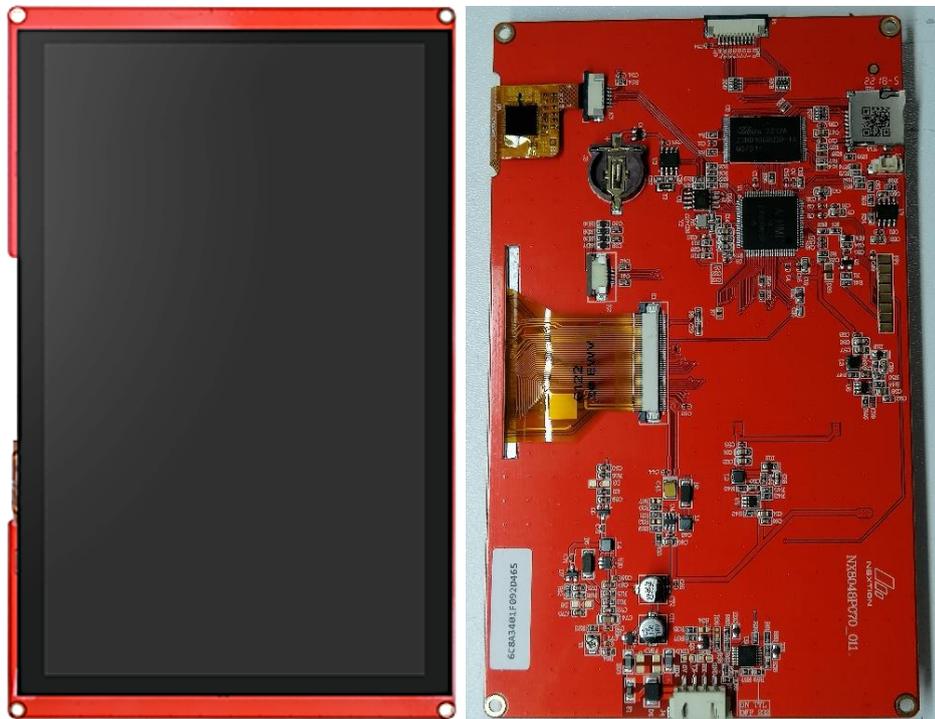
En la *Tabla 9-3* se describe las especificaciones técnicas del funcionamiento principal de la bomba.

**Tabla 9-3:** Especificaciones técnicas principales de bomba de agua con diafragma

Especificación técnica	Valor
Voltaje de funcionamiento	12 V
Corriente de trabajo	0.5 – 0.7 A
Caudal máximo	1.5 -2L/min (Aprox)
Vida útil	2500h (máximo)
Rango máximo de succión	6.6 pies (201.168 cm)

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Nextion pantalla inteligente NX8048P070-011C-Y HMI.-** Pantalla táctil capacitiva 800x480 con soporte de caja de audio y video, véase en la *Ilustración 19-3*, se puede alimentar NX8048P070-011C-Y desde el pin de 5 V del microcontrolador, permite el uso de tarjeta SD que posea un formato FAT32 para cargar archivos Text Formatter Plus (TFT) siendo más rápido que por medio de un puerto serie de 4 pines, tiene hardware más potente en términos de SRAM, MCU y almacenamiento flash (Amazon, s. f.-b).



**Ilustración 19-3:** Nextion pantalla inteligente NX8048P070-011C-Y HMI

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

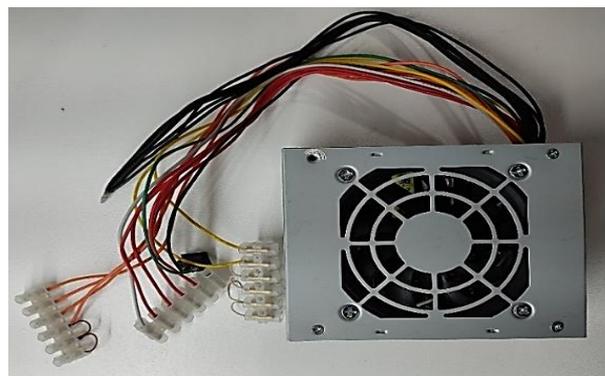
En la *Tabla 10-3* se describe las especificaciones técnicas del funcionamiento principal de la pantalla nextion. Para más información véase el Anexo H.

**Tabla 10-3:** Principales especificaciones técnicas Nextion pantalla inteligente NX8048P070-011C-Y HMI.

Especificación técnica	Valor
Voltaje de operación	5 V
Corriente	1 A
Tamaño de pantalla	7 pulgadas
Resolución	800 x 480
Memoria Flash	128 MB
Memoria RAM	512 KB
Memoria EEPROM	1024 bytes
Panel táctil	CTP
Puerto HDMI	1

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Fuente de regulación.** - También conocida como fuente de alimentación, véase en la *Ilustración 20-3*, se encarga de convertir la corriente alterna en corriente continua, es la forma de energía que necesitan los componentes, emplean un voltaje de 3V, 3.5V y 12V, un transformador inductor reduce el voltaje de entrada de la fuente de alimentación para producir una salida de 5 a 12 voltios, El puente rectificador se encarga de que el voltaje no baje de 0 voltios, es decir, que no haya fluctuaciones que puedan dañar seriamente los dispositivos, en el filtrado aplana la señal tanto como sea posible porque uno o dos condensadores que retienen la corriente y permiten que salga lentamente para luego ser estabilizada (Palencia, 2020).



**Ilustración 20-3:** Fuente de alimentación o fuente de poder

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Fuente de alimentación YUHAN.** – Fabricado por la empresa YUHAN, véase en la *Ilustración 21-3*, entre las principales características son: voltaje de entrada AC 110-240v, frecuencia de entrada de 50 a 60 HZ, voltaje de salida de 12 V, corriente de salida 5 A, potencia 50W.



**Ilustración 21-3:** Fuente de alimentación YUHAN

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Bandeja de malla blanca.** – Perfecto para el cultivo de brotes tiene un tamaño de 12.9 x 7.5 x 1.8 pulgadas (largo x ancho x alto), está hecho de material de polipropileno sólido de grado alimenticio, seguro, no tóxico, inodoro y duradero, véase en la *Ilustración 22-3*.



**Ilustración 22-3:** Bandeja germinadora

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### **3.1.13. Batería para el Germinador PRO**

Para seleccionar la batería, se debe realizar el dimensionamiento respecto al consumo teórico que generan los diferentes componentes hardware del Germinador PRO, como se muestra en la *Tabla 11-3*.

**Tabla 11-3:** Cálculo de consumo de corriente del germinador PRO

Etapa	Cantidad	Componente	Corriente unitaria (mA)	Corriente total (mA)
Etapa de control y recepción	1	Arduino mega 2560 PRO	220	220
	1	ESP8266 Wemos D1 Mini	70	70
	1	Monster Moto Shield	50	50
Total			340	
Etapa de adquisición de datos	1	Sensor FS200-SHT1	15	15
	1	Sensor de luz digital BH1750	7	7
Total			22	
Etapa de actuación	1	Calefactor PTC	2083	2083
	1	Ventilador axial Wathai	16,67	16,67
	4	Led Dhin	7.05	28,23
Total			2127,9	
Etapa de visualización	1	Nextion NX8048P070-011C-Y HMI	500	500
Total			500	
	1	Módulo relé de 4 canales	15	15
	2	Bomba de agua con diafragma	250	500
	1	Otros	60	60
Total			575	
<b>Consumo total de corriente (mA)</b>			<b>3564,9</b>	

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 11-3*, se observa que el consumo de corriente total es de 3564.9 mA, por lo cual se debe seleccionar la batería para atender esta demanda, considerando que los cortes de energía en la zona van de dos a tres horas, mencionado anteriormente en apartado de la “Red eléctrica”.

Teniendo en cuenta los factores anteriores se eligió como se observa en la *Ilustración 20-3* la batería Bless Power LP12-12, de alto rendimiento, diseñada para optimizar su calidad y vida útil, reduce los niveles de mantenimiento y autodescarga (Mercado libre, s. f.).



**Ilustración 23-3:** Batería Bless Power LP12-12

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 12-3* se describe las especificaciones técnicas más importantes del funcionamiento de la batería Bless Power LP12-12. Para más información véase el Anexo I.

**Tabla 12-3:** Principales especificaciones técnicas de la Batería

Especificación técnica	Valor
Voltaje nominal	12 VCC
Corriente	12 Ah
Corriente máxima de carga	2.1 A
Corriente máxima de descarga	200 A
Resistencia interna	Completamente cargada 18mΩ
Capacidad a 25°C	12Ah @ 20HR
Autodescarga	3% por mes a 25°C
Dimensiones	15.08 x 9.80 x 9.39 cm

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Ahora, considerando la siguiente ecuación:

**Ecuación 1:** Duración en horas de una batería

$$h = \frac{V_b * I_b}{V_b * I_c} \quad (1)$$

Donde:

$V_b$ : voltaje de la batería

$I_b$ : corriente de la batería

$I_c$ : corriente total de consumo

$h$ : duración en horas de la batería

Obteniendo así una duración de 3.36 horas, por lo que la batería seleccionada alcanza el período de un apagón regional, cubriendo teóricamente la demanda actual generada por el germinador PRO.

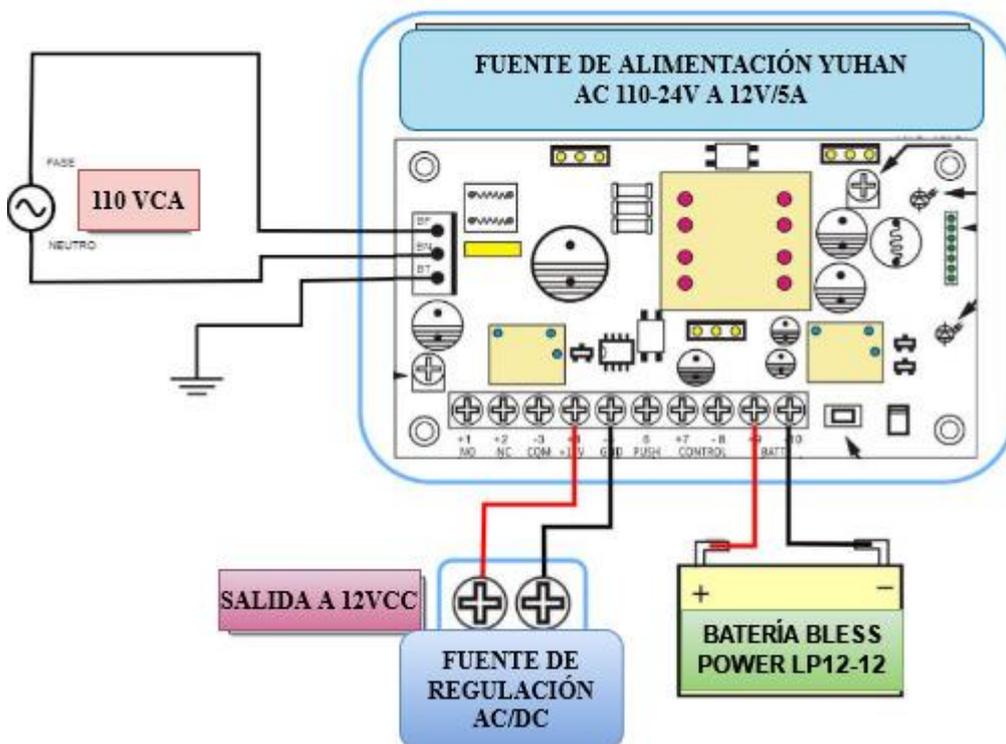
### 3.2. Esquema de conexión electrónica del Germinador PRO

A continuación, se detalla el esquema de conexión electrónica de hardware del Germinador PRO

#### 3.2.1. Esquema de conexión del bloque de alimentación

Este compuesto por una fuente de alimentación YUHAN, una batería BLESS POWER LP12-12, una fuente de regulación AC/DC y una bornera de terminales, como se puede observar en la *Ilustración 24-3*.

- La toma eléctrica correspondiente a 110VAC, la línea de fase se conecta al terminal BF, el neutro al terminal BN de la fuente YUHAN y el terminal BT se conecta a tierra.
- Los terminales +4 y -5 están conectados a las salidas +12VCC y GND de la fuente de regulación.
- Los terminales de salida + y - de la batería BLESS POWER LP12-12 representan las salidas +12VCC y GND, estos se conectan a los terminales +9 y -10 de la fuente YUHAN.



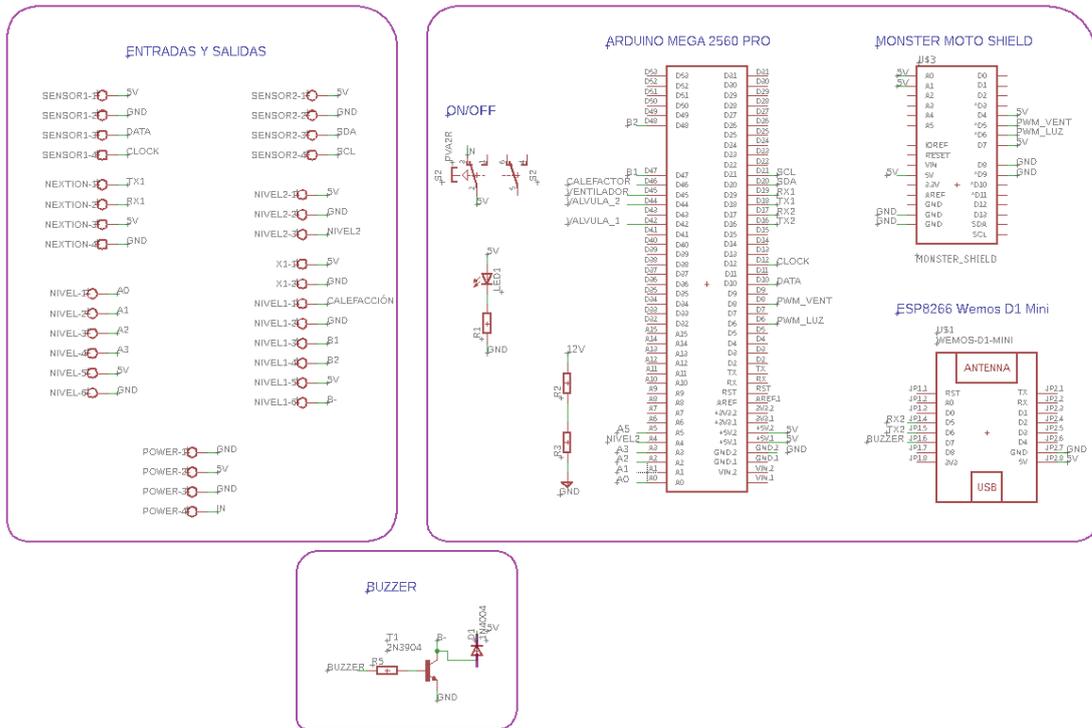
**Ilustración 24-3:** Diagrama de conexión del bloque de alimentación

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.2.2. *Esquema de la conexión electrónica*

La *Ilustración 25 -3* muestra el diagrama de conexión del Germinador PRO, está conformado por una tarjeta de desarrollo Arduino MEGA 2560 mega PRO, Monster Moto Shield, Wemos D1 mini ESP8266, encargadas del procesamiento y envío de datos por conexión WiFi.

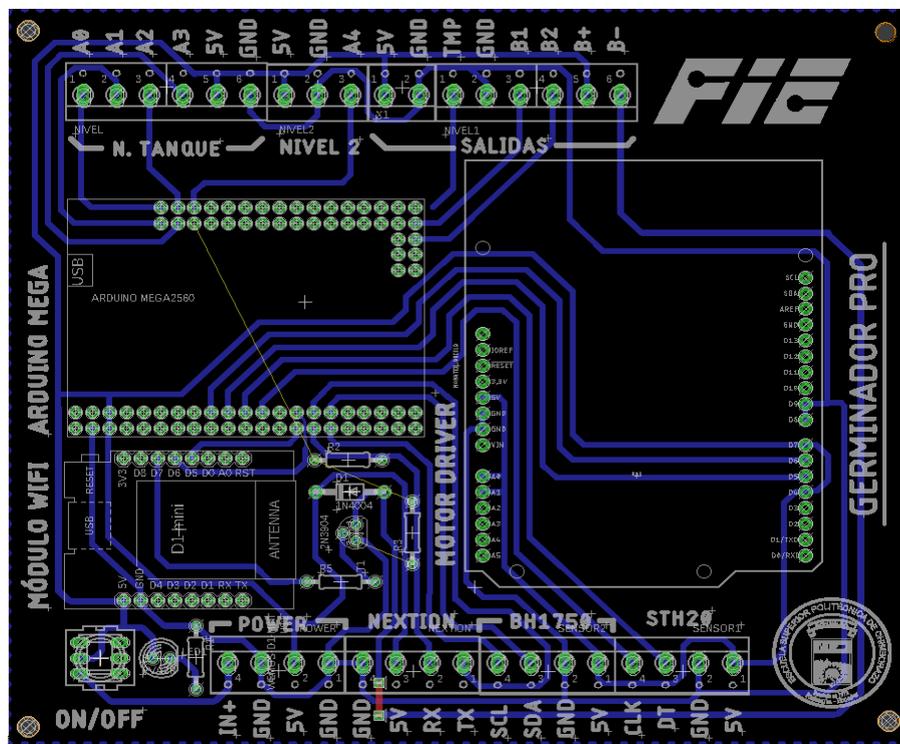
- La tarjeta de desarrollo Arduino 2560 mega PRO es alimentado mediante el terminal IN+ y GND mediante una fuente de regulación que tomará 5V (cable rojo) y GND (cable negro) respectivamente.
- El sensor de humedad y temperatura FS200-SHT1, tiene una alimentación de 5V, conecta sus terminales CLOCK y DATA con los terminales D10, D12 del Arduino 2560 mega PRO respectivamente mediante comunicación I 2C.
- El sensor de luminosidad BH1750, con alimentación de 5V, conecta sus terminales SCL y SDA con los terminales D21, D20 del Arduino 2560 mega PRO mediante comunicación I2C.
- La Nextion pantalla inteligente NX8048P070-011C-Y HMI, con alimentación de 5V, conecta su salida TX1 al terminal D18 y su salida RX1 al terminal D19 del Arduino 2560 mega PRO.
- Para el nivel de tanque se tiene cinco sensores de nivel, que están distribuidos de la siguiente manera: nivel 1 “vacío” está conectado al terminal analógico A0, nivel 2 “bajo” está conectado al terminal analógico A1, nivel 3 “medio” está conectado al terminal analógico A2, nivel 3 “normal” está conectado al terminal analógico A3, nivel 4 “lleno” está conectado al terminal analógico A5. Cabe recalcar que estos terminales analógicos están conectados a la tarjeta de desarrollo Arduino 2560 mega PRO.
- Los terminales D16/TX2 y D17/RX2 Arduino 2560 mega PRO son los puertos de comunicación serial que nos permite la transferencia de datos con la tarjeta ESP8266 Wemos D1 Mini.
- El Germinador PRO posee un buzzer que emite un sonido, para lo cual el terminal “D7” del ESP8266 Wemos D1 Mini conecta la base de un transistor 2N3904, el colector está conectado al terminal negativo del buzzer, el emisor a GND y el terminal positivo del buzzer se conecta a 5VCC.



**Ilustración 25-3:** Esquema de conexión electrónica

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

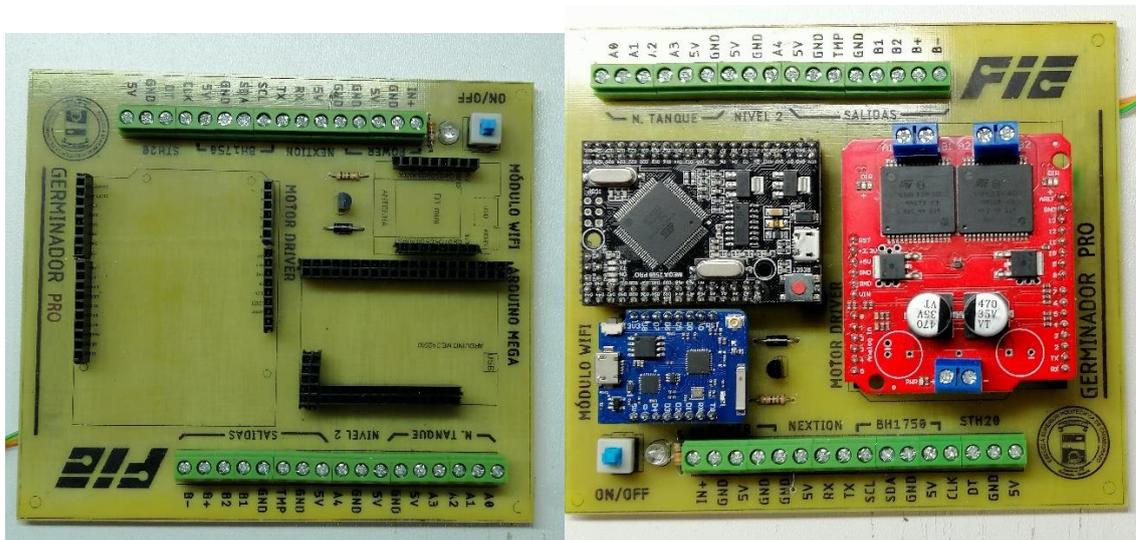
Una vez realizado las conexiones de todos los componentes, se realizó el diseño de la PCB en Eagle. En la *Ilustración 26-3* se puede observar el diseño de la placa PCB.



**Ilustración 26-3:** Esquema de conexión electrónica

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Ilustración 27-3* se puede observar la implementación física de la placa PCB, en la ilustración de la izquierda se muestra la colocación de las borneras para posteriormente ubicar los componentes necesarios.



**Ilustración 27-3:** PCB física del Germinador PRO

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.3. Software de desarrollo para el Germinador PRO

En el siguiente apartado se presenta el *software* de desarrollo elegido en conjunto con los elementos de *software* mencionados anteriormente, así también se realiza los diferentes diagramas de flujo mediante el cual se describe el proceso realizado en Arduino IDE y las diferentes interfaces gráficas empleadas para el bloque de visualización de la información.

#### 3.3.1. Software de desarrollo

A continuación, se detalla cuatro plataformas de *software* de desarrollo utilizadas en los programas encargados para realizar el control-actuación y visualización de las diferentes partes del Germinador PRO.

**Arduino IDE.** - Integrated Development Environment (IDE) traducido al español como Entorno de Desarrollo Integrado, plataforma de código abierto para desarrollo y prototipado electrónico que permite a los usuarios escribir y cargar código en un entorno en tiempo real debido a que este código se almacenara en la nube. Este *software* es totalmente compatible con cualquier placa de *software* del fabricante Arduino, además puede ejecutarse en diferentes sistemas operativos como Windows, Mac y Linux (Softonic, 2019). Para la creación del programa del Germinador PRO la versión a utilizarse es Arduino IDE 2.0.3.

**EAGLE.** – Es un editor de gráficos fácil de aplicar y de gran alcance para el diseño de PCB's de circuitos digitales, a partir de los esquemas electrónicos, compatible con sistemas operativos como Windows, Linux o Mac. *Software* de automatización que conecta fácilmente diagramas esquemáticos, ubicación de componentes, enrutamiento automático de PCB y posee una gran variedad de bibliotecas incluidas. Los esquemas se guardan con la extensión .SCH y otro con la extensión .BRD (Autodesk, 2022). Para realizar el diagrama electrónico esquemático y el diseño de la PCB necesarios para el Germinador PRO, la versión a utilizar es EAGLE 9.6.2.

**Nextion Editor.** – Es un *software* gratuito de desarrollo de GUI de interfaz hombre -máquina (HMI) disponible para Windows, facilita una interfaz de visualización y control. Es la mejor solución para reemplazar una pantalla LCD tradicional, posee un procesador y una memoria que permiten diseñar fácilmente interfaces gráficas, se conecta con un microcontrolador a través de una interfaz serial UART (5V, TX, RX, GND), posee instrucciones basadas en texto ASCII para codificar los componentes (Geek Factory, 2022). La versión utilizada para el diseño de la interfaz gráfica del Germinador PRO es V1.63.3.

**Android Studio.** - *Software* especializado para el desarrollo de aplicaciones móviles para dispositivos con sistema operativo Android. Este entorno de desarrollo integrado (IDE), está basado en el *software* JetBrains IntelliJ IDEA, además utiliza un sistema de construcción basado en Gradle, plantillas de código, emuladores e integración con Github. Posee un editor de código, herramientas de compilación y un administrador de paquetes que son utilizados para crear, probar y ejecutar. Esta herramienta es gratuita y trabaja con sistemas operativos como Windows, Linux y Mac (Android Developers, 2021). Para el desarrollo de la app móvil para el Germinador PRO, la versión a utilizar es Android Studio 11.0.11.

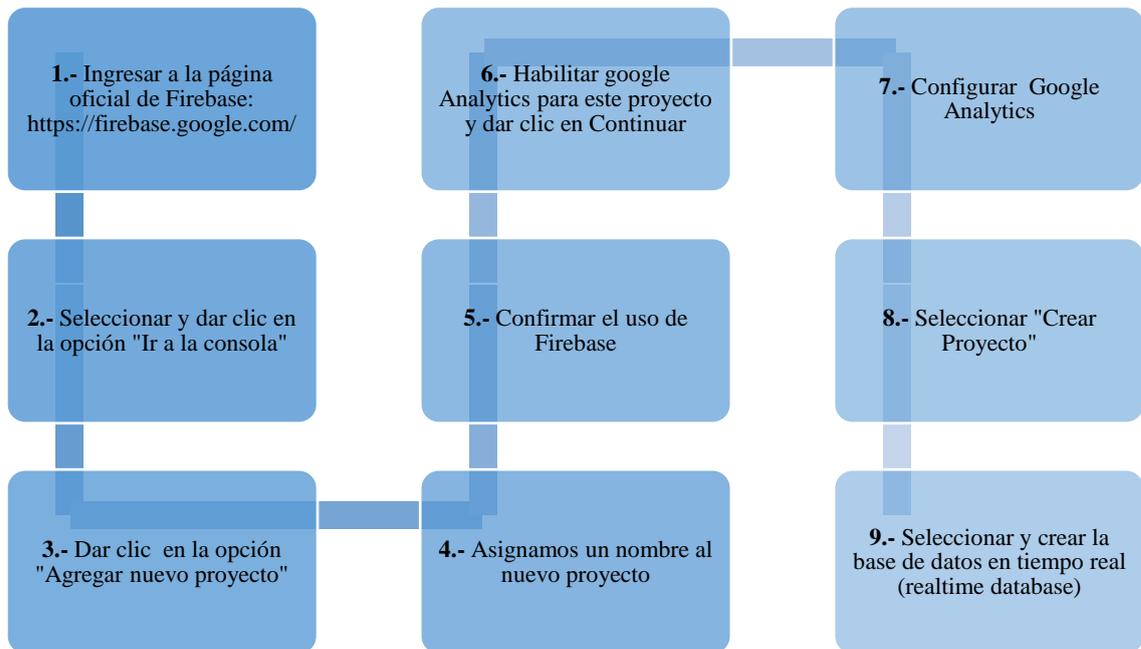
**Firestore Realtime Database.** – Plataforma de Google, popular por su servicio de base de datos gratuita NoSQL que se encuentra en la nube con formato JSON, cuya función es almacenar y sincronizar datos en tiempo real permitiendo que los usuarios accedan a los datos desde cualquier dispositivo. Está disponible para Android, iOS y web, contiene datos que permanecen locales incluso cuando no hay conexión, y cuando se restaura la conexión, el dispositivo cliente recoge los cambios perdidos y se sincroniza con el estado actual del servidor (Firestore, 2022).

### 3.3.2. *Base de datos en Firebase*

Para el presente trabajo de integración curricular es importante la creación de una base de datos para almacenar la información de la etapa de adquisición de datos, como son los parámetros de: humedad, temperatura, luminosidad, además se guardará información de nivel de batería, los días de germinación del brote y nivel de agua del tanque y bandeja. Firebase es una plataforma digital

gratuita creada por Google, posee dos tipos de datos no relacionales (NoSQL): Cloud Firestore y Realtime. La información es almacenada en formato JSON y permite las siguientes ventajas: sincronización de datos de forma rápida y automática con el usuario en tiempo real, acceso a la interfaz desde un dispositivo móvil o un computador.

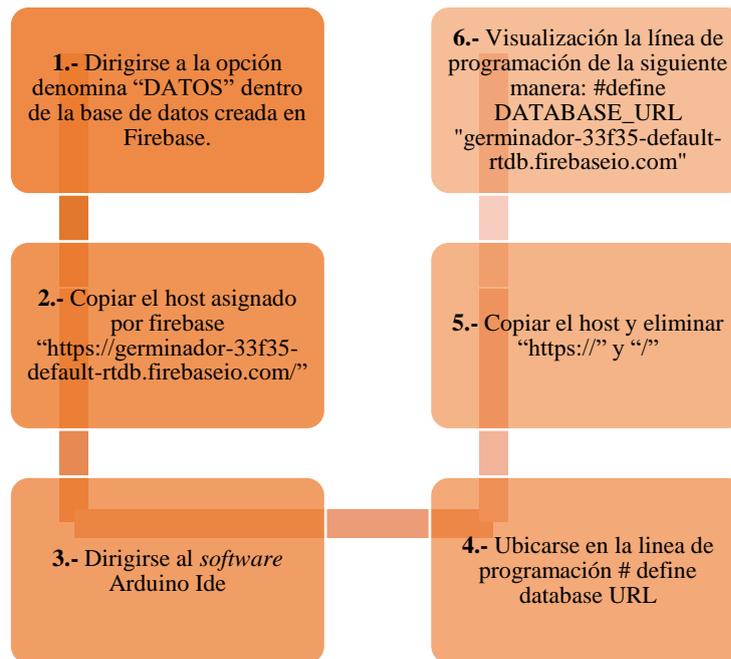
Para el desarrollo de un database en Firebase se debe seguir los pasos mostrados en la *Ilustración 28-3*.



**Ilustración 28-3:** Creación de la base de datos en Firebase

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Una vez creada la base de datos se debe vincular con la programación con el ESP8266 Wemos D1 Mini, para lo cual es necesario asignar el host a FIREBASE\_HOST, para obtenerlo se debe seguir los siguientes pasos mostrados en la *Ilustración 29-3*, para más detalle véase el Anexo J.

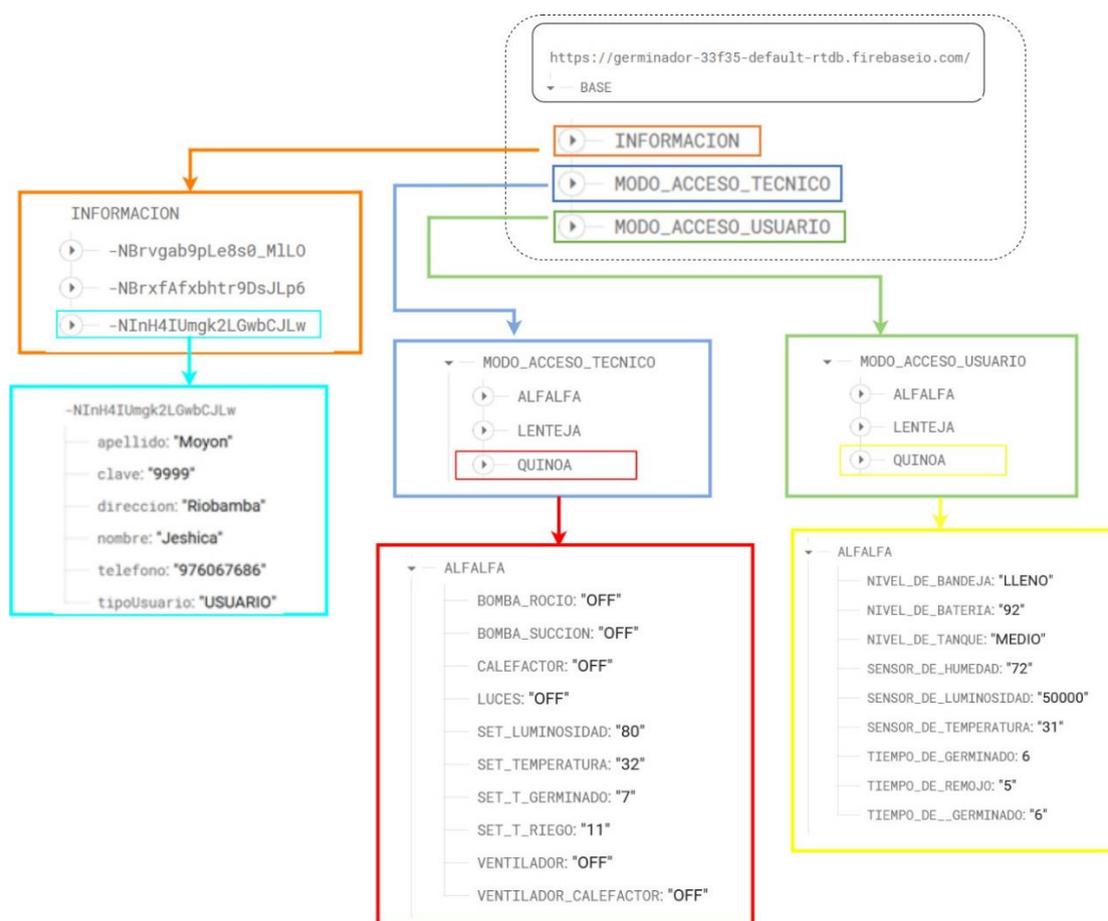


**Ilustración 29-3:** Pasos para vincular la base de datos con la ESP8266 Wemos D1 Mini

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.3.3. *Realtime Database "Germinador PRO"*

El ESP8266 Wemos D1 Mini es el encargado de establecer conexión con Firebase y este a su vez almacena los datos receptados. En la *Ilustración 30-3* se puede visualizar la base datos denominada "germinador" y el respectivo HOST `https://germinador-33f35-default-rtdb.firebaseio.com`. Dentro de Base se añade la sección información, modo de acceso usuario y modo de acceso técnico. En la sección información se agrega los siguientes datos: apellido, nombre, dirección, teléfono, tipo de usuario y la clave respectiva para el acceso. Dentro de la sección modo de acceso técnico se almacena tres tipos de semilla: alfalfa, lenteja, quinoa y estas a su vez contienen individualmente información como: referencia de luminosidad, temperatura, tiempo de germinado, tiempo de remojo. Y para el verificar el funcionamiento los actuadores utilizados como: calefactor, ventilador, sistema de iluminación, sistema de riego conformado por una bomba de rocío encargada de suministrar agua para el riego mediante un microaspersor y una bomba de succión para retirar el agua de la bandeja. Esta información es recolectada de la etapa de adquisición de datos y la etapa de actuación. Finalmente, en la sección modo de acceso usuario almacena los tres tipos de semilla: alfalfa, lenteja, quinoa y estas a su vez contienen individualmente información de los parámetros: sensor de humedad, temperatura, luminosidad, tiempo de germinado, tiempo de remojo, nivel de tanque, nivel de bandeja, nivel de batería. Obteniendo una supervisión completa del Germinador PRO en todas sus etapas.



**Ilustración 30-3:** Pasos para vincular la base de datos con la ESP8266 Wemos D1 Mini

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.3.4. Programas software del Germinador PRO

La *Ilustración 31-3* representa el diagrama de flujo el cual describe el procedimiento de germinación de las semillas:

#### Inicialización

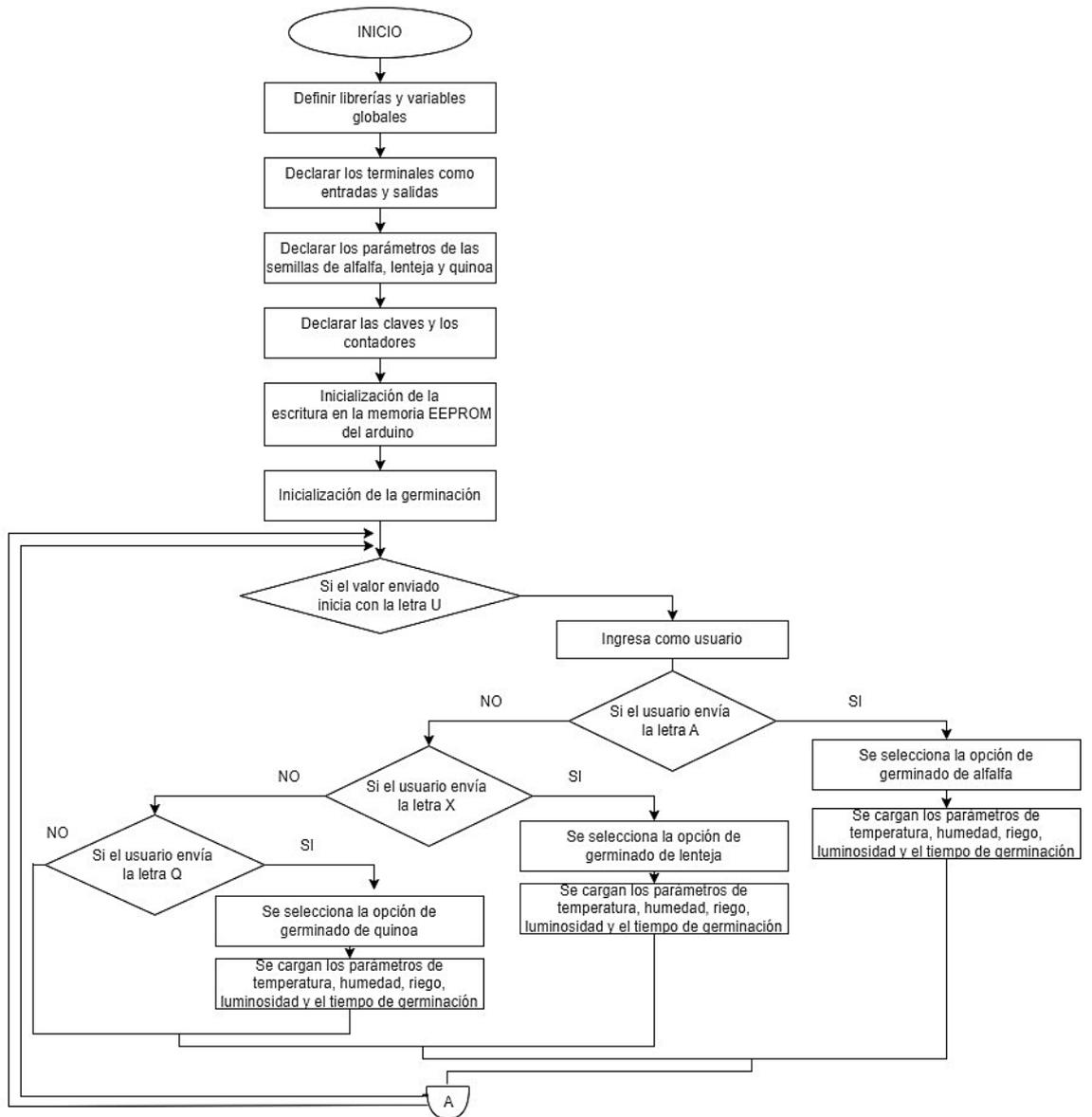
- Se definen las siguientes librerías:
  - **EEPROM.h:** Memoria que mantiene los valores cuando se apague la placa (jecrespom, 2017).
  - **BH1750.h:** Contiene una biblioteca para la conexión de sensores de luz digital (claws, 2022).
  - **Sensirion.h:** Permite comunicarse al Arduino por i2c (Designthemes, s. f.-b).
  - **Separador.h:** Permite delimitar las variables de tipo cadena (Dotnet-bot, s. f.).
- Se declaran las variables globales.
- Declarar los pines de entradas para los sensores de temperatura, humedad, luminosidad y salidas de las bombas.

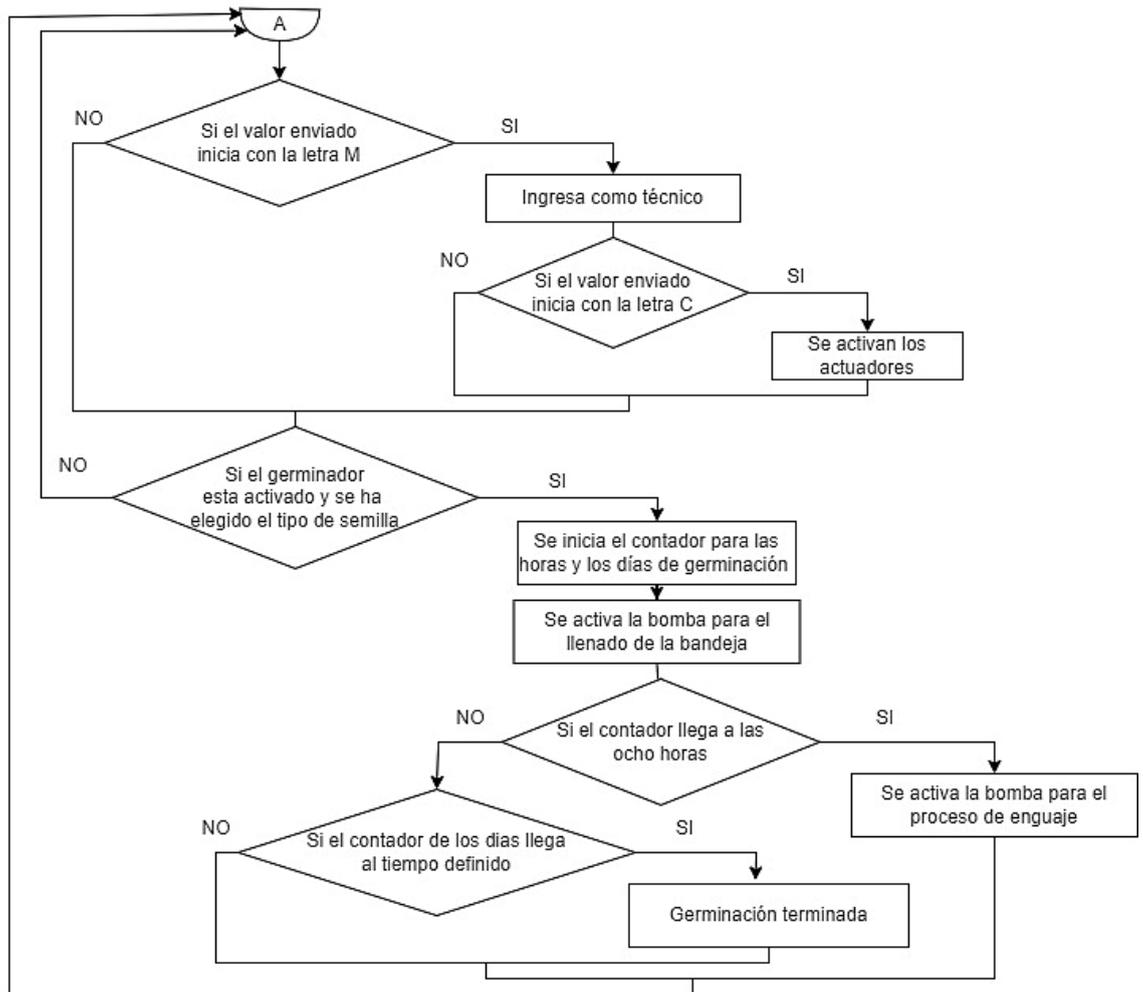
- Declarar las claves para usuarios o técnico y variables para los contadores.
- Inicialización de la escritura en la memoria EEPROM del Arduino.

### ***Ciclos de repetición***

- Si el valor enviado inicia con la letra U entonces ingresa como usuario en el que puede elegir el tipo de semilla que desea germinar.
- Si el usuario envía la letra A significa que eligió las semillas de alfalfa para germinar, en donde se cargaran los valores definidos para la temperatura, humedad, riego, luminosidad y tiempo de germinación.
- Si el usuario envía la letra X significa que eligió las semillas de lenteja para germinar, en donde se cargaran los valores definidos para la temperatura, humedad, riego, luminosidad y tiempo de germinación.
- Si el usuario envía la letra Q significa que eligió las semillas de quinua para germinar, en donde se cargaran los valores definidos para la temperatura, humedad, riego, luminosidad y tiempo de germinación.
- Si el valor enviado inicia con la letra M significa que ingresara como técnico en el cual puede supervisar el funcionamiento del calefactor, bombas, luminosidad.
- Si el germinador se encuentra encendido y se ha elegido la semilla se activa la bomba para el llenado de agua de la bandeja y se inicia el contador para las horas que debe cumplir con el tiempo de remojo y los días en las cuales la semilla se encuentra germinada.

La programación realizada en Arduino IDE 2.0.3 se encuentra adjunto en el Anexo K.





**Ilustración 31-3:** Diagrama de flujo del germinador PRO

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.3.5. Diagrama de flujo del ESP8266

La Ilustración 32-3 representa el diagrama en el cual se describe el funcionamiento del ESP8266:

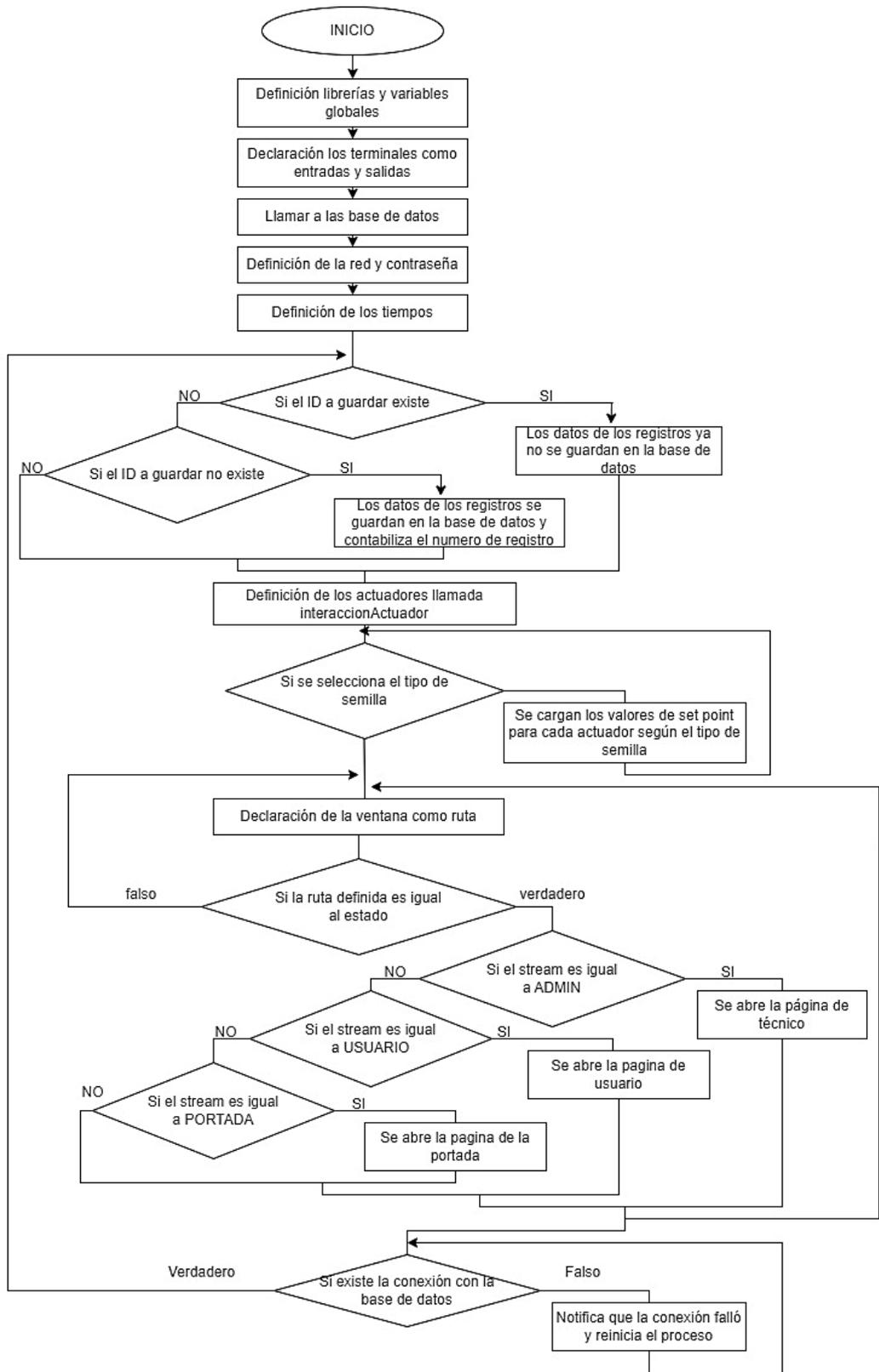
#### Inicialización

- Se definen las siguientes librerías:
  - **ESP8266WiFi.h:** Habilita acceso y funcionalidades de la red (Arduino, 2022).
  - **FirestoreESP8266.h:** Para la comunicación con la base de datos (Mancilla, 2021).
  - **ArduinoOTA.h:** Acepta la programación OTA (Over The Air) es decir modo inalámbrico (Designthemes, s. f.).
  - **WiFiup.h:** Permite gestionar las peticiones UDP (Arduino, s. f.).

### ***Ciclos de repetición***

- Si el ID a guardar existe entonces los datos del registro ya no se guardan en la base de datos, pero si no existe el ID los datos de los registros se guardan y contabiliza el número de registro.
- Si selecciona el tipo de semilla que se desee germinar si es así, se cargan los valores de set point para cada actuador según el tipo de semilla.
- Si el stream creado es igual a ADMIN se abre la página de técnico, sino si el stream es igual a USUARIO se abre la página de usuario, si el stream es igual a la PORTADA.
- Finalmente, todos los procesos anteriormente mencionados se realizarán si es que existe la conexión con la base de datos caso contrario se emitirá un mensaje de alerta indicando que la conexión falló.

La programación realizada en Arduino IDE 2.0.3 se encuentra adjunto en el Anexo L.



**Ilustración 32-3:** Diagrama de flujo del ESP8266

**Realizado por:** Moyon Jeshica y Reino Carmen. 2023

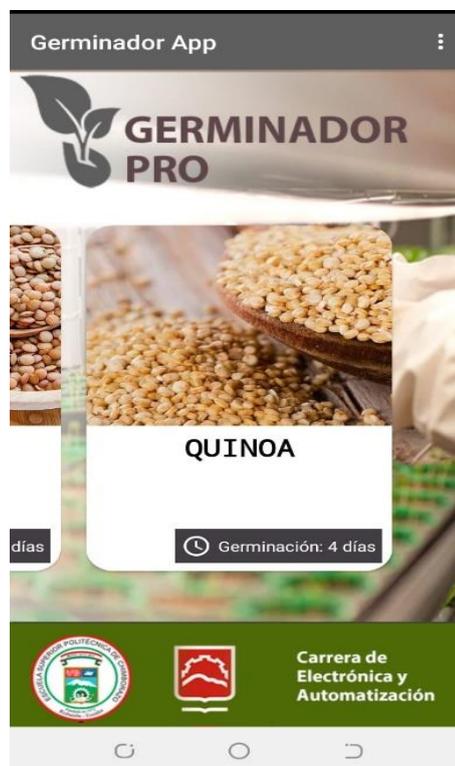
### 3.4. Interfaz gráfica del bloque de visualización de la información

Consta de dos interfaces graficas: la primera corresponde a la interfaz de la app móvil y la segunda la interfaz una pantalla HMI que actúan como una herramienta de control y visualización de la información.

#### 3.4.1. Interfaz de visualización app móvil

Previo a crear la aplicación móvil, se crea un nuevo proyecto en el *software* Android Studio. Para esto se debe ejecutar el software desde un ordenador, para luego seleccionar en orden “File”, “New” y “New Project”. En la siguiente ventana se debe elegir un nombre para la aplicación o proyecto, la dirección de almacenamiento del mismo, el lenguaje de programación, siendo el tipo “Java” el elegido. También se especifica la versión para que la aplicación pueda ejecutarse, siendo “Android 5.0”. La programación se encuentra a detalle en el Anexo M.

La interfaz inicia con un menú correspondiente a la portada o inicio del germinador PRO, la misma que requiere de un tipo de clave que permite ingresar ya sea como usuario o como técnico. Una vez realizada el ingreso se despliega la ventana de opciones de las semillas de: alfalfa, lenteja y quinoa como se muestra en la *Ilustración 33-3*.



**Ilustración 33-3:** Menú de selección de semilla a germinar en app móvil

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Ilustración 34-3* se observa el menú técnico después de haber elegido la semilla que se desea germinar, donde se configura los parámetros de referencia de: temperatura, tiempo de riego, luminosidad y el tiempo que dura en germinar, las mismas que serán diferentes para las tres semillas, además se pueden activar los actuadores de forma manual como las bombas de: rocío y succión, ventilador para el frío, ventilador para la disipar el calor, luces y calefactor para comprobar su funcionamiento.



**Ilustración 34-3:** Interfaz para la selección de la semilla a germinar

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

A continuación, se abre el menú modo usuario, como la que se observa en la *Ilustración 35-3* en donde se visualiza el tipo de semilla a germinar, el tiempo de riego, los días de germinación, los niveles de agua tanto del tanque de reservorio como de la bandeja, la temperatura, la intensidad de luminosidad y el porcentaje de carga de la batería. Este menú se repite para las demás semillas con sus respectivos datos.



**Ilustración 35-3:** Interfaz de usuario para la selección de la semilla a germinar

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

#### **3.4.2. Interfaz de visualización de la información – HMI**

Para el desarrollo de la interfaz de la HMI se utilizó el *software* Hmi\_Nextion Editor en el cual se diseñó la interfaz requerida como se observa en la *Ilustración 36-3*, permitiendo así el diseño de los botones con el estilo, texto y tamaño de nuestra preferencia, haciendo uso de las propiedades de cada herramienta. Los detalles de la programación realizada para desarrollar la interfaz se muestran en el Anexo N.



**Ilustración 36-3:** Interfaz gráfica creada en Hmi Nextion Editor

Elaborado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.5. Diseño estructural del prototipo

Está conformado por la estructura, recubrimiento interno compuesto 3 zonas y el recubrimiento externo. A continuación, se describe a detalle cada una de estas partes.

#### 3.5.1. Diseño de la estructura

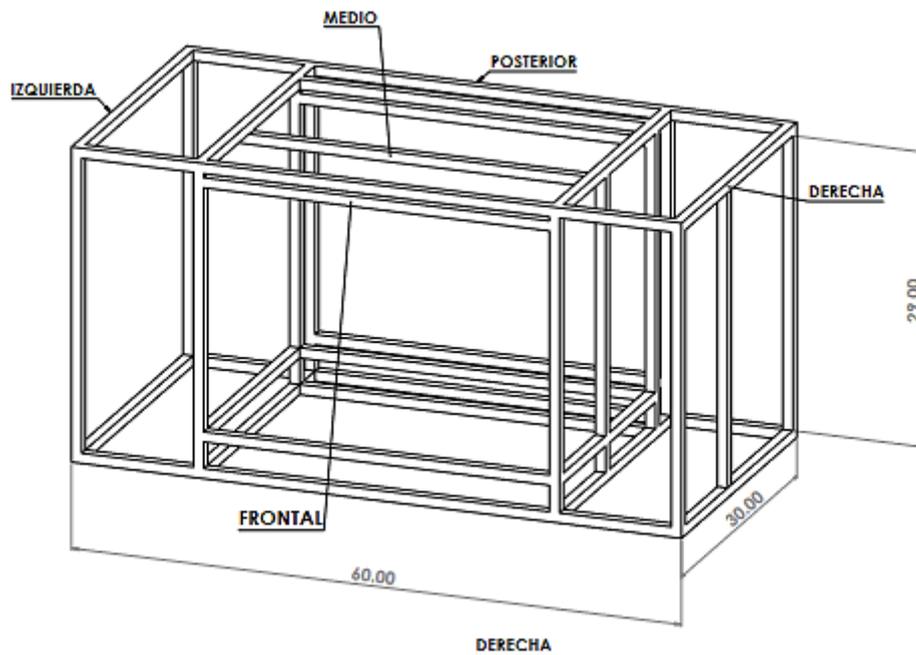
Para el diseño estructural del Germinador PRO se utiliza el *software* Solidworks 2020 (Solidworks, 2015), el material de construcción es varilla de acero inoxidable con diámetro de 1cm, este material es excelente para fijación, montaje y soporte. A continuación, en la *Tabla 13-3* se detalla las dimensiones de la estructura, y el diseño se puede observar en la *Ilustración 38-3*, para ver el plano completo dirijase al Anexo O.

En la *Tabla 13-3* se resume las medidas más importantes expresadas en centímetros pertenecientes a la estructura del germinador.

**Tabla 13-3:** Medidas importantes para la estructura

Ítem	Medida
Alto	29 cm
Ancho	60 cm
Largo	30 cm

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.



**Ilustración 38-3:** Diseño de la estructura

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

A continuación, se detalla mediante simulación 3D en Solidworks, la integración del recubrimiento interno y externo del Germinador PRO.

### 3.5.2. *Recubrimiento interno*

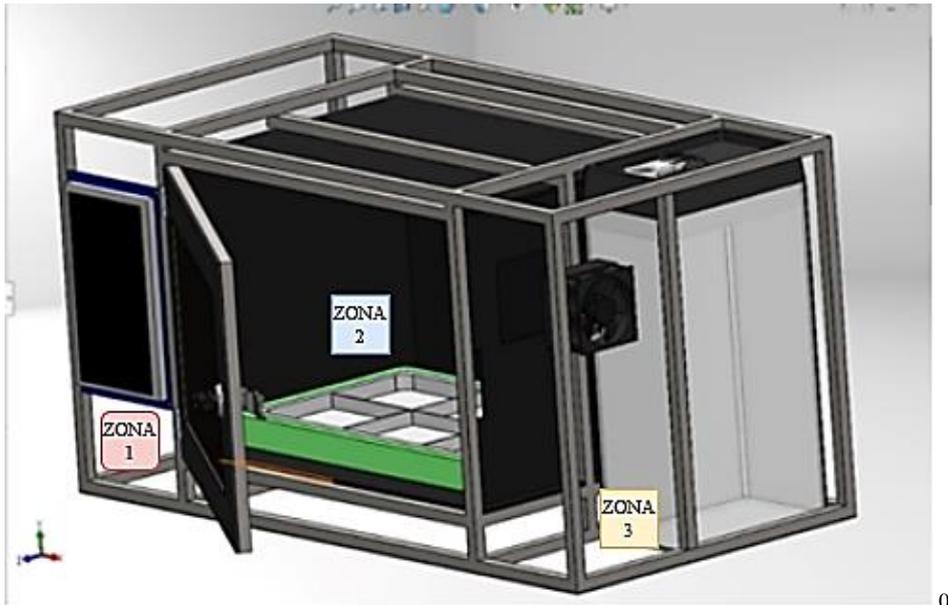
El recubrimiento interno este compuesto por tres zonas que se describirán a mayor detalle a continuación.

**Zona 1.-** Compuesta por la pantalla HMI, la fuente de regulación AC/DC, la parte eléctrica y electrónica. Sus dimensiones son: 12cm de ancho, 29 cm de alto y 30 cm de largo.

**Zona 2.-** Tiene una forma cuadrada con dimensiones de 34cm de ancho, 24cm de alto y 28cm de largo, esta parte será construida con material acrílico polarizado de 3mm. Está compuesta por la bandeja de germinación, en esta parte se alojará los sensores de humedad, temperatura y luminosidad que serán ubicados, también se encuentra el sistema de ventilación, iluminación y riego.

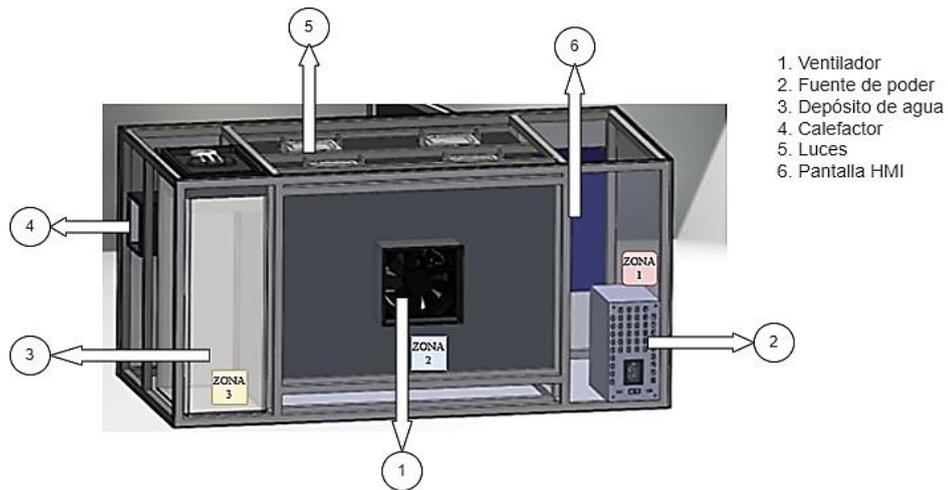
**Zona 3.-** Compuesta por un tanque de agua, con capacidad de 2.5 L, que servirá para realizar el riego en los brotes y también se encuentra el sistema de calefacción. Sus dimensiones son: 11cm de ancho, 29 cm de alto y 30 cm de largo.

En la *Ilustración 42-3* se puede observar la vista frontal del Germinador PRO, también se visualiza los componentes de cada zona. Y en la *Ilustración 39-3* se puede apreciar la vista posterior con sus respectivas zonas.



**Ilustración 39-3:** Vista frontal Germinador PRO

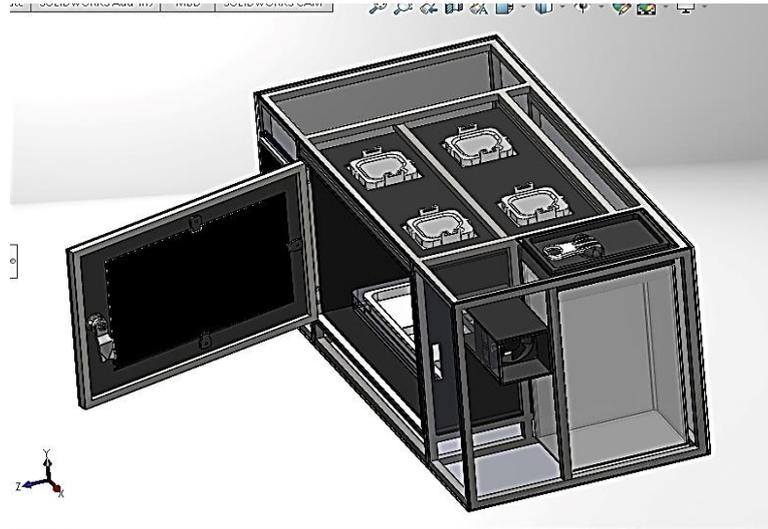
Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.



**Ilustración 40-3:** Vista posterior Germinador PRO

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

La *Ilustración 41-3* se observa la vista superior del Germinador PRO, donde está ubicada el sistema de iluminación Led.

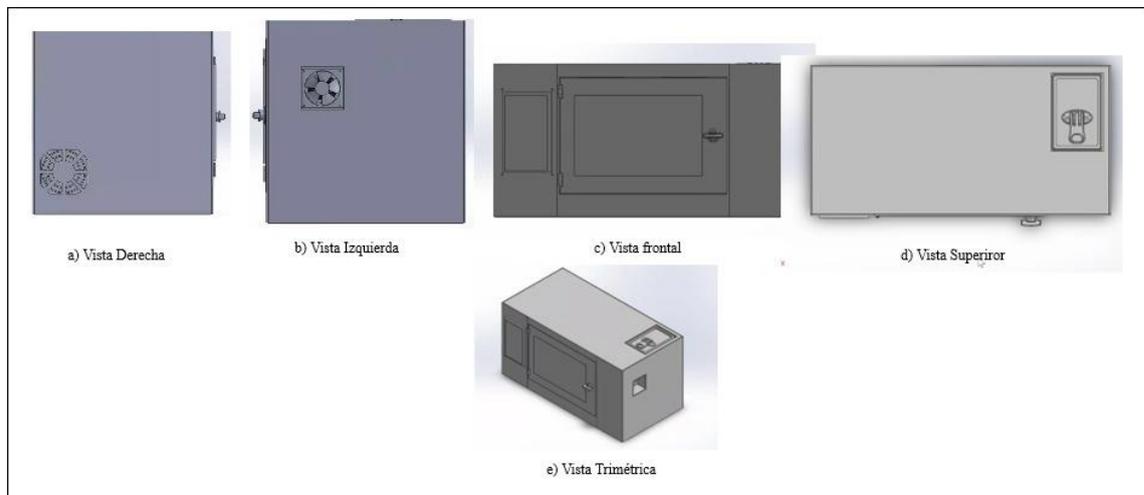


**Ilustración 41-3:** Vista superior Germinador PRO

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

### 3.5.3. *Recubrimiento externo*

En la *Ilustración 42-3* se puede apreciar las diferentes vistas del Germinador PRO, el resultado final se puede observar en la vista trimétrica, recubierta finalmente de madera MDF de 3mm.



**Ilustración 43-3:** Simulación del Germinador PRO en Solidwork

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

## CAPÍTULO IV

### 4. VALIDACIÓN DE PROTOTIPO

En el presente capítulo se valida el desempeño de *hardware* y *software* del Germinador PRO con las siguientes pruebas: validación y estabilidad de sensores, integridad de la información, envío de notificaciones de aviso, consumo de corriente, carga y descarga de la batería, producción de brotes, funcionamiento general y un análisis de costos del Germinador PRO.

#### 4.1. Pruebas del hardware implementado

En la *Ilustración 1-4 a)* se puede apreciar el Germinador PRO en modo acceso técnico. Por otra parte, en la *Ilustración 1-4 b)* se observa el prototipo en modo acceso usuario.



**Ilustración 1-4:** a) Componentes constitutivos del prototipo b) Germinador PRO ensamblado

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

#### 4.2. Consideraciones generales

Para definir el tamaño para una muestra, es necesario tener en cuenta los objetivos planteados, los recursos disponibles y las condiciones en las que se realizarán las estimaciones. Las muestras más grandes son mejores, porque son más precisas y menos propensas a errores (Manzano, 2009).

Otros autores (Fisher et al., 1991, p.59), determinan que el tamaño de muestra debe ser suficiente para probar estadísticamente, si las diferencias entre proporciones son significativas. Esto significa, mientras más grande sea este valor, el error conseguido será menor.

Para la validación del prototipo denominado “Germinador PRO” se realizó pruebas, que ayuden a definir la exactitud y precisión. Para el primer criterio, se considera el cálculo del error relativo porcentual (%), como criterio de calidad del resultado experimental. Determinando que, si el valor obtenido es menor al 1 %, el resultado experimental es “muy bueno”; por otro lado, si el valor se

encuentra en el rango mayor al 1 % y menor al 5 % es “bueno”, del 5 % al 10 % es “aceptable”. Y si es más del 10 %, el resultado es poco “confiable” (Santo & Lecumberry, 2005). Considerando el tiempo disponible para la realización del trabajo de integración curricular, se recolectaron un total de 30 muestras durante 3 días para validar los resultados mediante el cálculo del erro relativo.

Para el segundo criterio, se realizó un registro único del valor real de las condiciones ambientales y se procede a tabular los datos medidos por el sensor. Según Senar (1999), el número de muestras tomadas para la prueba de estabilidad son 10. De esta forma se procederá a calcular la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación para determinar el análisis de dispersión necesario al conjunto de datos. El coeficiente de variación es utilizado por ciertos autores para aceptar o rechazar la validez de los experimentos (Camargo & Gordon, 2011). Si el CV es próximo a 0 (0 %), la muestra es compacta, quiere decir que existe poca variabilidad; si supera el 0.3 (30 %), la media es poco representativa; Finalmente, cuando el valor del CV tiende al 1 (100 %), los datos son muy dispersos, lo que quiere decir que la media pierde su confiabilidad y deben descartarse (Castillo, 2009).

### **4.3. Validación de los sensores de la etapa de adquisición de datos**

En este apartado se detalla las pruebas orientadas a los componentes de sensado de la etapa de adquisición de datos, cuyo objetivo es evaluar la exactitud de los sensores empleados en el prototipo mediante la utilización del cálculo del error relativo.

Los sensores a ser evaluados son temperatura, humedad relativa y luminosidad. Para las dos primeras variables se utiliza el sensor FS200-SHT1 y para la luminosidad se utilizará el sensor BH1750.

A continuación, se presenta las pruebas realizadas para la validación de los componentes de sensado de la etapa de adquisición de datos:

#### **4.3.1. Validación del sensor de temperatura FS200-STH1**

Se verifica que el prototipo no incorpore errores adicionales al del sensor FS200-STH1. Para esta prueba se utilizó el equipo patrón “Termohigrómetro BOECO Germany BOE-327” que se puede visualizar en la *Ilustración 2-4*, en la hoja de especificaciones técnicas menciona que tiene una exactitud de  $\pm 1^\circ\text{C}$ , para más información diríjase al Anexo P.



**Ilustración 2-4:** Termohigrómetro comercial BOECO Germany BOE-327

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Ilustración 3-4* se puede observar la ubicación de la sonda de temperatura del BOE-327 a lado del sensor FS200-STH1. A continuación se estableció 30 muestras de medición de temperatura referencial otorgada por el equipo patrón y la temperatura determinada por el sensor FS200-SHT1 del Germinador PRO en diferentes instantes de tiempo. La evidencia de las pruebas realizadas para este capítulo se encuentra adjuntas en el Anexo Q.



**Ilustración 3-4:** Evidencia de muestra del equipo patrón BOECO Germany BOE-327 y el sensor FS200-STH1 del Germinador PRO

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Finalmente, se procede hallar el error absoluto y el porcentaje del error relativo según la *Tabla 1-4* y se verifica que el error obtenido no supere al error propio del sensor.

**Tabla 1-4:** Error relativo porcentual entre el valor de temperatura referencial del equipo patrón y el valor de temperatura medida por el sensor FS200-SHT1 del germinador PRO

Número de Muestras	Medición de temperatura referencial por el BOE-327 (°C)	Medición de temperatura por el sensor FS200-SHT1	Error Absoluto	Error Relativo (%)
1	23	22.6	0.4	1.90
2	22.6	22.4	0.2	0.94
3	22.5	22.4	0.1	0.47
4	22.7	22.3	0.4	1.90
5	22.8	22.5	0.3	1.42
6	22.5	22.4	0.1	0.47
7	22.8	22.5	0.3	1.42
8	23.1	22.7	0.4	1.90
9	23.0	22.6	0.4	1.90
10	23.0	22.6	0.4	1.90
11	23.0	22.6	0.4	1.90
12	22.5	22.4	0.1	0.47
13	23.0	22.6	0.4	1.90
14	22.0	21.6	0.4	1.90
15	23.1	22.7	0.4	1.90
16	22.5	22.4	0.1	0.47
17	22.7	22.3	0.4	1.90
18	22.8	22.5	0.3	1.42
19	23.0	22.6	0.4	1.90
20	23.0	22.6	0.4	1.90
21	22.5	22.4	0.1	0.47
22	22.7	22.3	0.4	1.90
23	22.8	22.5	0.3	1.42
24	22.0	21.6	0.4	1.90
25	22.5	22.4	0.1	0.47
26	22.8	22.5	0.3	1.42
27	23.2	23.0	0.2	0.94
28	23.0	22.6	0.4	1.90
29	22.5	22.4	0.1	0.47
30	22.8	22.5	0.3	1.42

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

De acuerdo a la *Tabla 1-4*, el error relativo porcentual máximo entre la temperatura medida por el equipo patrón BOE-321 y la determinada por el sensor FS200-SHT1 del Germinador PRO es igual a 1.90 %. Dado que el valor se encuentra en el rango mayor al 1% y menor al 5 %, el criterio de calidad para los resultados experimentales es: “bueno”. Además, el error absoluto máximo del

Germinador PRO es igual a 0.4°C, se determina que el prototipo no agrega errores adicionales al del sensor.

#### 4.3.2. Validación del sensor de Humedad FS200-STH1

Se verifica que el prototipo no agregue errores adicionales al del sensor FS200-STH1. Para la variable de humedad relativa también se utilizó el termohigrómetro BOE-327 de la sección anterior, considerando que presenta una exactitud de  $\pm 5\%$  para humedad relativa (Anexo P). Para determinar la exactitud se han establecido 30 muestras de medición, de la humedad relativa referencial determinadas por el equipo patrón BOE-327 y por el sensor FS200-STH1 del germinador PRO. Las evidencias correspondientes a las pruebas realizadas para esta sección se encuentran adjuntas en el Anexo Q.

**Tabla 2-4:** Error relativo porcentual entre los valores de humedad relativa referencial medida por el equipo patrón y el sensor FS200-STH1 del Germinador PRO

Número de Muestras	Medición de humedad referencial por el BOE-327 (HR%)	Medición de humedad por el sensor FS200-STH1 (HR%)	Error Absoluto	Error Relativo (%)
1	61	61	0	0
2	55	54	1	1.81
3	56	56	0	0
4	59	59	0	0
5	54	54	0	0
6	55	54	1	1.85
7	55	55	0	0
8	58	58	0	0
9	57	57	0	0
10	59	58	1	1.69
11	59	59	0	0
12	56	56	0	0
13	54	54	0	0
14	58	57	1	1.72
15	62	62	0	0
16	61	61	0	0
17	63	62	1	1.58
18	58	58	0	0
19	59	59	0	0
20	60	60	0	0
21	57	57	0	0
22	57	57	0	0

23	59	59	0	0
24	61	60	1	1.63
25	57	57	0	0
26	56	56	0	0
27	60	60	0	0
28	57	57	0	0
29	56	56	0	0
30	58	57	1	1.72

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Como se detalla en la *Tabla 2-4* el error relativo porcentual máximo valor de 1.85 %. Se establece que el criterio de calidad para los resultados experimentales es: “bueno”, dado que se halla en el rango del 1 % a <5 %. Considerando que el error absoluto máximo del Germinador PRO es igual al 1% de humedad relativa, se puede determinar que el prototipo no agrega ningún error adicional al error del sensor.

#### 4.3.3. Validación del sensor de luminosidad BH1750

Este apartado tiene por objetivo verificar que el prototipo no incorpore errores adicionales al del sensor BH1750. Se utilizó como equipo patrón la aplicación Lux Light Meter Pro que fue descargada del play store de Android con más de un millón de descargas y una calificación de 4.8 estrellas siendo la más alta con respecto a las demás aplicaciones, su función es medir la iluminación y el nivel de intensidad de la luz.

En la *Ilustración 4-4* se puede observar la intensidad de luz medida por la aplicación móvil y la pantalla HMI tomadas por el sensor de luz BH1750 del germinador PRO. A continuación, se estableció 30 muestras de medición por el equipo patrón y la intensidad de luz determinada por el sensor BH1750 en diferentes circunstancias de tiempo. La evidencia correspondiente a las pruebas realizadas se encuentra adjuntas en el Anexo R.



**Ilustración 4-4:** Evidencia de muestra tomada por la app móvil Lux Light Meter Pro y el sensor BH1750 del Germinador PRO

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Finalmente, se procede a calcular los errores absolutos y relativos observados como se observa en la *Tabla 3-4* y se compara si dicho error es mayor o menor al del sensor.

**Tabla 3-4:** Error relativo porcentual entre el valor de referencial medida por el equipo patrón y el valor de luminosidad medida por el sensor BH1750 del Germinador PRO.

Número de Muestras	Medición de humedad luminosidad referencial por la App [Lx]	Medición de luminosidad por el sensor BH1750 [Lx]	Error Absoluto	Error Relativo (%)
1	867	867	0	0.00
2	867	866	1	0.12
3	868	867	1	0.12
4	867	867	1	0.00
5	867	866	1	0.12
6	867	867	0	0.00
7	868	867	1	0.12
8	867	867	0	0.00
9	867	866	1	0.12

10	870	871	1	0.12
11	871	871	0	0.00
12	871	871	0	0.0
13	870	871	1	0.12
14	870	871	1	0.12
15	871	872	1	0.12
16	871	871	0	0.00
17	872	872	0	0.00
18	870	870	0	0.00
19	870	869	1	0.12
20	871	871	0	0.00
21	878	878	0	0.00
22	876	876	0	0.00
23	870	871	1	0.12
24	870	870	0	0.00
25	870	870	0	0.00
26	876	876	0	0.00
27	865	876	1	0.12
28	867	866	1	0.12
29	867	866	1	0.12
30	866	867	1	0.12

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

De acuerdo a la *Tabla 3-4*, la validación del sensor de luminosidad está determinada por el porcentaje máximo de error relativo entre la medida de luminosidad medida por la aplicación y la medida de luminosidad determinada por el sensor BH1750 es igual a 0.12%, lo que significa de acuerdo a los parámetros de análisis de datos experimentales, el resultado experimental es: "muy bueno". Dado que se encuentra en el rango menor al 1%. Considerando que el error absoluto máximo es igual al 1Lx se determina que el prototipo no agrega errores adicionales al del sensor.

#### 4.4. Estabilidad de sensores

Tiene como objetivo fundamental verificar la precisión de los sensores ubicados en la zona 2 mediante el cálculo del coeficiente de variación.

##### 4.4.1. Estabilidad de sensores: FS200-STH1 y BH1750

Se verifica el comportamiento de los sensores FS200-STH1 y BH1750 durante un periodo de tiempo, bajo las mismas condiciones ambientales.

Se registró 10 muestras del valor de la temperatura, humedad relativa y luminosidad. Con los valores registrados, se obtiene la media la desviación estándar y el coeficiente de variación. La hora de inicialización de la prueba fue a las 16:00:00, con un intervalo de 10 segundos por cada medición.

En la *Tabla 4-4*, se obtiene el coeficiente de variación referente a las muestras registradas.

**Tabla 4-4:** Prueba de estabilidad de los sensores FS200-STH1 y BH1750

Muestra	Fecha/Hora	Temperatura medida por el sensor FS200-STH1 (°C)	Humedad relativa medida por el sensor FS200-STH1 (%HR)	Temperatura medida por el sensor BH1750 (LX)
1	6/1/2023 / 16:00:00	22.6	59	871
2	6/1/2023 / 16:00:10	22.4	60	870
3	6/1/2023 / 16:00:20	22.3	60	870
4	6/1/2023 / 16:00:30	22.6	59	872
5	6/1/2023 / 16:00:40	22.7	59	871
6	6/1/2023 / 16:10:00	22.6	59	872
7	6/1/2023 / 16:10:10	22.5	60	870
8	6/1/2023 / 16:10:20	22.4	59	871
9	6/1/2023 / 16:10:30	22.3	60	870
10	6/1/2023 / 16:10:40	22.6	60	871
Media		22.55	59.50	870.80
Desviación estándar		0.15092	0.52705	0.78881
Coeficiente de variación %		0.66927	0.88581	0.09058

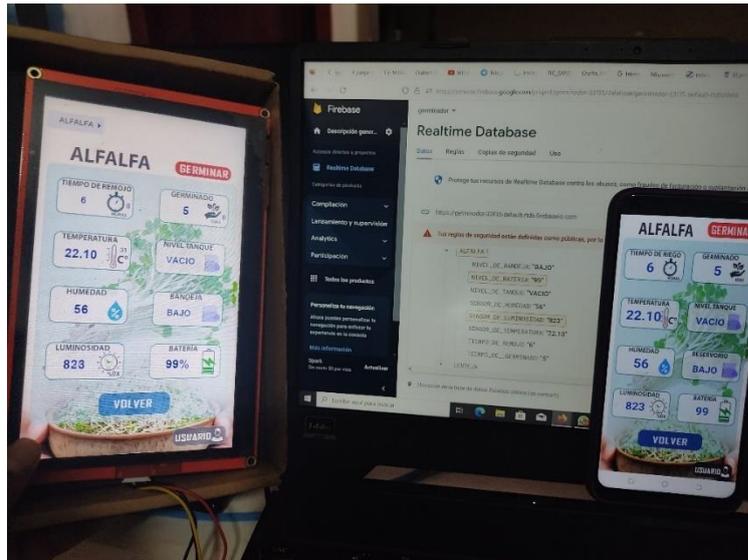
**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En base a la *Tabla 4-4*, se calculó el coeficiente de variación del prototipo electrónico, obteniendo los siguientes vales: 0.66% del sensor de temperatura, 0.88% del sensor de humedad y 0.09% del sensor de luz. Al compararse con los rangos de aceptación y rechazo de CV, se concluye que el sensor FS200-STH1 y el sensor BH1750 son precisos y tiene poca variabilidad ya que su coeficiente de variación es menor al 5%.

#### 4.5. Integridad de la información

Tiene como objetivo comprobar que la información enviada del bloque de sensores, sea la misma que llega hacia la etapa de control y actuación, para ser visualizados finalmente en la HMI y la aplicación móvil. La evidencia correspondiente a las pruebas realizadas se encuentra adjuntas en el Anexo S.

En la *Ilustración 5-4*, se puede verificar que los datos visualizados tanto en la HMI, app móvil y base de datos sean concordantes.



**Ilustración 5-4:** Integridad de la información

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 5-4*, se puede observar la descripción de los datos enviados.

**Tabla 5-4:** Descripción de datos enviados

Dato	Descripción
D [0]	Valor de temperatura
D [1]	Valor de humedad relativa
D [2]	Valor de luminosidad
D [3]	Tiempo de riego
D [4]	Tiempo de germinación
D [5]	Nivel de batería
D [6]	Nivel de tanque
D [7]	Nivel de bandeja

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Tabla 6-4:** Integridad de datos entre los datos enviados y los datos recibidos

	Fecha	Trama enviada								Trama recibida								Error absoluto de la trama							
		D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
1	11/1/2023 / 13:00:00	22.10	56	823	6	5	99	Vacío	Bajo	22.10	56	823	6	99	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
2	11/1/2023 / 13:03:03	22.40	54	830	6	5	99	Vacío	Bajo	22.40	54	830	6	99	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
3	11/1/2023 / 13:06:09	22.50	56	830	6	5	98	Vacío	Bajo	22.50	56	830	6	98	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
4	11/1/2023 / 13:09:12	22.90	54	830	6	5	98	Vacío	Bajo	22.90	54	830	6	98	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
5	11/1/2023 / 13:12:15	21.00	59	828	6	5	97	Vacío	Bajo	21.00	59	828	6	97	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
6	11/1/2023 / 13:15:18	21.60	61	855	6	5	97	Vacío	Bajo	21.60	61	855	6	97	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
7	11/1/2023 / 13:18:21	22.00	57	865	6	5	96	Vacío	Bajo	22.00	57	865	6	96	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
8	11/1/2023 / 13:21:24	21.90	59	867	6	5	95	Vacío	Bajo	21.90	59	867	6	95	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
9	11/1/2023 / 13:24:27	21.40	55	868	6	5	95	Vacío	Bajo	21.40	55	868	6	95	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11/1/2023 / 13:27:30	22.00	61	866	6	5	95	Vacío	Bajo	22.00	61	866	6	95	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
11	11/1/2023 / 13:30:33	22.10	59	865	6	5	95	Vacío	Bajo	22.10	59	865	6	95	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
12	11/1/2023 / 13:33:36	22.00	58	865	6	5	94	Vacío	Bajo	22.00	58	865	6	94	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
13	11/1/2023 / 13:36:39	22.10	60	864	6	5	94	Vacío	Bajo	22.10	60	864	6	94	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
14	11/1/2023 / 13:39:42	22.50	62	863	6	5	93	Vacío	Bajo	22.50	62	863	6	93	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
15	11/1/2023 / 13:42:45	22.90	61	860	6	5	93	Vacío	Bajo	22.90	61	860	6	93	4.5	Vacío	Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Promedio del error absoluto</b>																		0	0	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 6-4* se verifica un error absoluto nulo para los 8 datos enviados en la trama. Con ello se indica que el prototipo implementando, tiene un índice de exactitud entre los datos enviados y los datos recibidos. Por lo tanto, existe integridad de la información durante todas sus etapas; desde la lectura efectuada por los sensores, hasta la publicación de las variables de interés en la aplicación móvil.

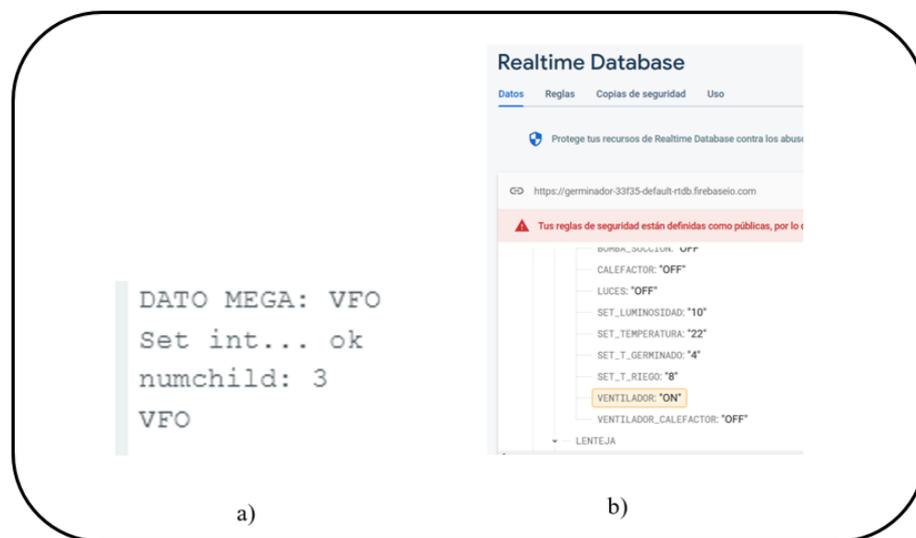
#### 4.6. Caracterización del monitoreo remoto en modo acceso técnico

La pantalla HMI y la aplicación móvil cuentan con un conjunto de funciones. Esta sección presenta las pruebas en modo técnico para verificar la transferencia de información.

##### 4.6.1. Pruebas de integridad de información de los actuadores hacia la base de datos

El objetivo es verificar que la información enviada del bloque de actuación, sea la misma que llega hacia la etapa de control y actuación, para ser visualizados finalmente en la base de datos de Firebase.

Para lo cual como ejemplo desde la pantalla HMI se activa el ventilador e inmediatamente en la base de datos de Firebase se observa el cambio de estado a ON como se muestra en la *Ilustración 6-4*. La evidencia de las pruebas realizadas se encuentra adjuntas en el Anexo T.



**Ilustración 6-4:** a) Pantalla serial de arduino. b) Firebase con cambio de estado a ON del proceso de encendido del ventilador

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Las muestras tomadas para este apartado se muestran en la siguiente *Tabla 7-4*.

**Tabla 7-4:** Pruebas de transmisión de la información

Número de Muestras	Lenteja		Alfalfa		Quinoa	
	Pantalla serial de Arduino	Base de datos Firebase	Pantalla serial de Arduino	Base de datos Firebase	Pantalla serial de Arduino	Base de datos Firebase
1	VFO	Ventilador: ON	VFO	Ventilador: ON	VFO	Ventilador: ON
2	VFF	Ventilador: OFF	VFF	Ventilador: OFF	VFF	Ventilador: OFF
3	BRO	Bomba_rocio: ON	BRO	Bomba_rocio: ON	BRO	Bomba_rocio: ON
4	BRF	Bomba_rocio: OFF	BRF	Bomba_rocio: OFF	BRF	Bomba_rocio: OFF
5	BSO	Bomba_succion: ON	BSO	Bomba_succion: ON	BSO	Bomba_succion: ON
6	BSF	Bomba_succion: OFF	BSF	Bomba_succion: OFF	BSF	Bomba_succion: OFF
7	LO	Luces: ON	LO	Luces: ON	LO	Luces: ON
8	LF	Luces: OFF	LF	Luces: OFF	LF	Luces: OFF
9	VCO	Ventilador_calefactor: ON	VCO	Ventilador_calefactor: ON	VCO	Ventilador_calefactor: ON
10	VCF	Ventilador_calefactor: OFF	VCF	Ventilador_calefactor: OFF	VCF	Ventilador_calefactor: OFF
11	CO	Calefactor: ON	CO	Calefactor: ON	CO	Calefactor: ON
12	CF	Calefactor: OFF	CF	Calefactor: OFF	CF	Calefactor: OFF
13	VFO	Ventilador: ON	VFO	Ventilador: ON	VFO	Ventilador: ON
14	VFF	Ventilador: OFF	VFF	Ventilador: OFF	VFF	Ventilador: OFF
15	BRO	Bomba_rocio: ON	BRO	Bomba_rocio: ON	BRO	Bomba_rocio: ON
16	BRF	Bomba_rocio: OFF	BRF	Bomba_rocio: OFF	BRF	Bomba_rocio: OFF
17	BSO	Bomba_succion: ON	BSO	Bomba_succion: ON	BSO	Bomba_succion: ON
18	BSF	Bomba_succion: OFF	BSF	Bomba_succion: OFF	BSF	Bomba_succion: OFF
19	LO	Luces: ON	LO	Luces: ON	LO	Luces: ON
20	LF	Luces: OFF	LF	Luces: OFF	LF	Luces: OFF

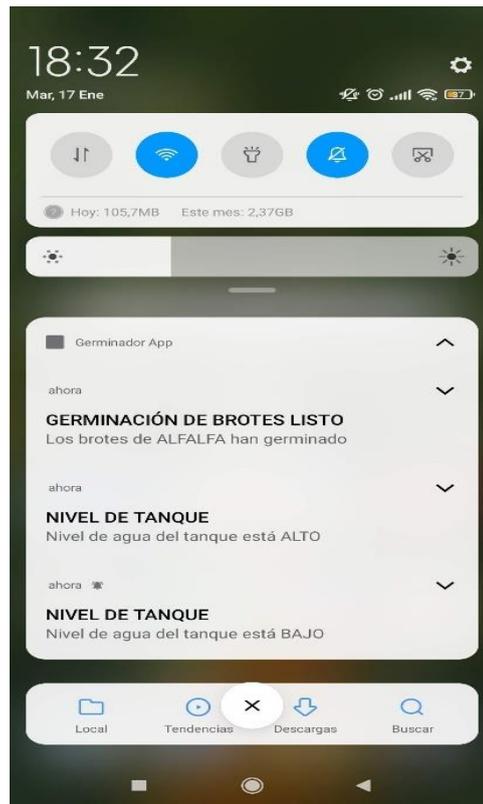
Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Con base en la *Tabla 7-4*, después de aplicar la técnica de observación se determinó que existe integridad de información de los actuadores hacia la base de datos para cada una de las semillas de lenteja, alfalfa y quinoa, además no existe pérdida de datos en ninguna ocasión.

#### 4.7. Envío de notificaciones de aviso

El objetivo de este apartado es verificar que los mensajes de notificación se envían y reciben correctamente cuando existan cambios en los niveles de batería, nivel de tanque de agua y fin del proceso de germinación.

Para ello los mensajes de notificación se envían al dispositivo en el que se instaló la aplicación como se muestra en la *Ilustración 7-4*



**Ilustración 7-4:** Mensajes de notificación

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

#### 4.8. Prueba de registro de usuarios

El objetivo para esta prueba es determinar la integridad de la información entre la aplicación móvil y la base de datos, es decir, la información que la aplicación requiere que el usuario ingrese en varios campos durante el registro debe ser la misma que la información almacenada en Firebase.

El proceso a seguir es el siguiente: Seleccionar “Registrarse” en la aplicación, luego el técnico deberá llenar los campos requeridos en la ventana de la aplicación con la información del nuevo usuario, tal como se muestra en la siguiente *Ilustración 8-4*.



**Ilustración 8-4:** Pantalla de registro de la aplicación móvil

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

#### **4.9. Pruebas de alimentación del Germinador PRO**

Tiene como objetivo determinar el consumo energético del Germinador PRO y la carga/descarga de la batería Bless Power LP12-12.

##### **4.9.1. Consumo energético del Germinador PRO**

El objetivo de esta prueba es determinar el consumo de energía real del Germinador PRO en modo inactivo y activo.

**Consumo energético en estado inactivo.** – Se lo realiza mediante una pinza amperimétrica en donde se mide el módulo que conforma el Germinador PRO sin ninguna carga, luego se procede a sumar los valores registrados en las mediciones para obtener el consumo total de energía.

**Consumo energético en estado activo.** - Para ello, se utiliza una pinza amperimétrica para medir el consumo de corriente del prototipo, activando actuadores y de esta manera registrar los valores que se suman para obtener el consumo total de corriente.

La evidencia correspondiente a las pruebas realizadas se encuentra adjuntas en el Anexo U.

En la *Tabla 8-4* se presenta los resultados obtenidos tras realizar las mediciones del consumo energética.

**Tabla 8-4:** Consumo de corriente del Germinador PRO

Etapa	Estado inactivo (mA)	Estado activo (mA)
Etapa de actuación	0	2187.6
Etapa de adquisición de datos	60.7	80.2
Etapa de control y recepción	340	370
Etapa de visualización	240	350
Total	640.7	2987.8

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En base a la *Tabla 8-4*, se observa que el consumo de energía real del germinador PRO para un estado inactivo es de 640.7 mA y para un estado activo es de 2187.6 mA siendo menor con un 82.02% y un 16.21% respectivamente, comparado con el consumo teórico calculado.

Con los datos de consumo de cada elemento del germinador PRO se calcula el consumo eléctrico con la siguiente fórmula:

**Ecuación 2:** Consumo eléctrico en kilo watts por hora (kWh)

$$kWh = \frac{W_{elemento} \times Horas \times Dias}{1000} \quad (2)$$

En la *Tabla 9-4* se presenta el consumo eléctrico individual y total del prototipo usado durante un tiempo de 24 horas, para el cálculo se utiliza la ecuación (2).

**Tabla 9-4:** Consumo eléctrico individual y total del Germinador PRO

Parámetros	Ventiladores	Calefactor	Luminosidad	Bombas	CPU (Arduino, sensores y relés)
Watts (W)	1	25	3	6	4.91
Tiempo encendido (Horas)	5	4	24	1	24
Total de consumo mensual (kWh)	0.15	3	2.16	0.18	3.53
Consumo total (kWh)	9.02				

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

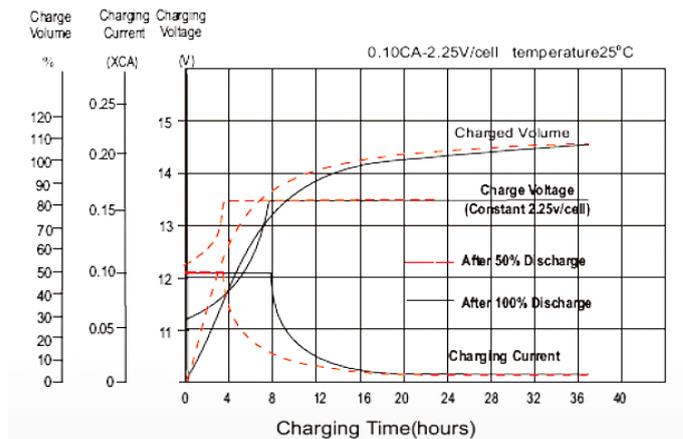
En base en la *Tabla 9-4* se concluye que el germinador PRO tiene un consumo de potencias de 9.02 Watts con un valor de 9.2 centavos de dólar por cada Kilovatio-hora (¢USD/kWh) en el

Ecuador, según la página programa de rehabilitación de redes eléctricas un microondas consume una potencia alrededor de 9 kWh que comparado con el equipo desarrollado presenta el mismo consumo.

#### 4.9.2. Carga y descarga de la batería

El objetivo de esta prueba es determinar el tiempo de duración y carga de la batería en caso de existir un corte de energía eléctrica.

**Tiempo de carga y descarga de la batería Bless Power LP12-12.** - La batería en cuestión primero se descarga por completo, luego se conecta a una fuente de alimentación y se toma el tiempo que tarda en llegar a un voltaje de 12.2 V (valor indicado en su hoja de datos), véase en la *Ilustración 9-4*.



**Ilustración 9-4:** Características de descarga de la batería

Fuente: (LP Batteries, s.f)

Durante el proceso de carga de la batería, se registró un tiempo de 3.45 horas, que se acerca al valor teórico dado en las especificaciones técnicas de la batería.

En cuanto a la descarga o duración de la batería se hace uso de la ecuación 1 citada en el capítulo 3 para determinar el tiempo de durabilidad.

Al reemplazar valores de la Tabla 8-4 en la ecuación 1, se tiene un tiempo de duración igual a 18.72 horas para un consumo de en estado inactivo, y una duración de 4.10 horas para un estado activo, por lo que la duración de la batería satisface el tiempo de corte de energía en la zona el cual se encuentra en el rango de 2 a 3 horas máximo.

#### **4.10. Pruebas de producción de brotes**

El objetivo es determinar y contabilizar la producción de brotes alimenticios del Germinador PRO.

##### ***4.10.1. Antes de la germinación***

Para ello, se pesan semillas de diferentes pesos antes de la germinación. En la *Ilustración 10-4* se observa un peso de 8 gramos por 100 semillas de lentejas y 2 gramos por 100 semillas de quinua y alfalfa. Los siguientes pesos a considerar son: 16, 20, 25, 30, 50 gramos, el equivalente a la cantidad de semillas se puede observar en la *Tabla 9-4*. En el Anexo V se muestra los pesos de las diferentes semillas antes de germinar.



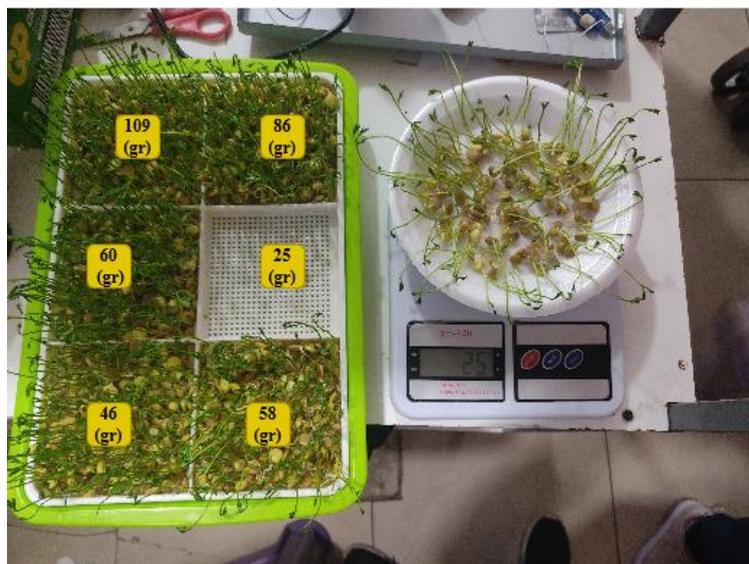
**Ilustración 10-4:** Proceso de pesaje

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

#### 4.10.2. Después de la germinación

Teniendo en cuenta los pesos anteriores se procede a ubicar en la bandeja de germinación y se obtiene los nuevos pesos una vez ya germinados los brotes. La evidencia correspondiente a las pruebas de germinación de brotes en el Germinador PRO se encuentran en el Anexo W.

En la *Ilustración 11-4* se puede observar la producción de brotes en gramos.



**Ilustración 11-4:** Peso en gramos después de germinar

Elaborado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En la *Tabla 10-4* se observa los pesos respectivos en gramos y el número de brotes, antes y después de la germinación de los 3 tipos de semillas. En el Anexo X se visualiza los pesos de las diferentes semillas después de germinar.

**Tabla 10-4:** Producción de brotes de: Lenteja, Alfalfa, Quinoa

	Semilla Lenteja				Semilla de Alfalfa				Semilla de Quinoa			
	Antes de germinar		Después de germinar		Antes de germinar		Después de germinar		Antes de germinar		Después de germinar	
	Peso (gr)	N° brotes de Lenteja	Peso (gr)	N° brotes de Lenteja	Peso (gr)	N° brotes de Alfalfa	Peso (gr)	N° brotes de Alfalfa	Peso (gr)	N° brotes de Quinoa	Peso (gr)	N° brotes de Quinoa
1	8	100	25	100	2	100	7	100	2	100	5	100
2	16	200	46	199	16	800	20	800	16	800	20	800
3	20	250	58	248	20	1000	24	995	20	1000	23	993
4	25	313	60	310	25	1250	34	1240	25	1250	29	1243
5	30	375	86	375	30	1500	41	1490	30	1500	36	1489
6	50	625	109	622	50	2500	63	2496	50	2500	54	2479
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>1863</b>	<b>384</b>	<b>1854</b>	<b>143</b>	<b>7150</b>	<b>189</b>	<b>7121</b>	<b>143</b>	<b>7150</b>	<b>167</b>	<b>7104</b>
<b>% Total de Producción</b>	100		99.51		100		99.59		100		99.35	

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En base a la *Tabla 10-4*, se determina el cumplimiento del segundo objetivo específico, que es la obtención de 100 semillas de lenteja, alfalfa, quinoa. Además, después de germinar se evidencia que los seis pesos considerados, incrementan y se obtiene una producción total de 1854 brotes de lenteja equivalente al 99.51%, 7121 brotes de alfalfa equivalente al 99.59 % y 7104 brotes de quinoa equivalente a 99.35%.

#### **4.11. Prueba de funcionamiento y usabilidad**

El objetivo es comprobar el buen funcionamiento y uso para la producción de brotes

Una vez efectuado las pruebas de validación y estabilidad de los sensores, integridad de la información, envío de mensaje de alerta entre otras, se realizó pruebas de funcionamiento y la usabilidad del prototipo realizadas en MIA LOUNGE & RESTAURANT como se puede apreciar en la *Ilustración 12-4*.



**Ilustración 12-4:** Implementación del prototipo en MIA LOUNG & RESTAURANT

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Antes de empezar con las pruebas de funcionamiento y usabilidad, es importante acceder al *Access Point* del ESP8266, donde se guardará el usuario y contraseña del restaurant. Una vez establecido la conexión se procede a explicar los pasos para el debido funcionamiento del prototipo.

En primer lugar, se procede a enchufar el prototipo hacia la red eléctrica con un cable trébol y se presiona el botón de encendido como se puede observar en la *Ilustración 13-4*.



**Ilustración 13-4:** Encendido del prototipo

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Después el usuario procede a ingresar la clave registrada previamente, como se observa en la *Ilustración 14-4*.



**Ilustración 14-4:** Ingreso de clave

**Elaborado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

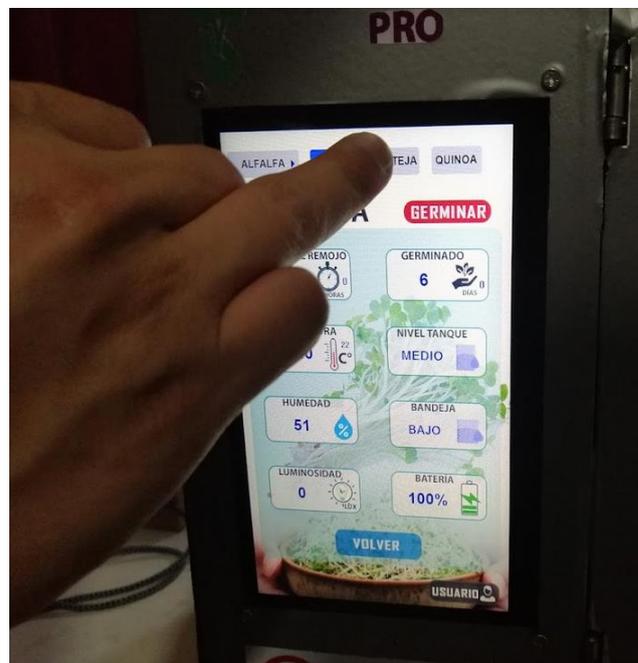
A continuación, el usuario debe poner las semillas sobre la bandeja de germinación, estas deben ser 100% orgánicas, sin ningún tratamiento químico como se observa en la *Ilustración 15-4*.



**Ilustración 15-4:** Ubicación de semillas lenteja en bandeja de germinación

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Una vez ingresada la bandeja de germinación en el prototipo, el usuario debe elegir la semilla mediante la pantalla HMI y presiona en la opción “GERMINAR” como se aprecia en la *Ilustración 16-4*.



**Ilustración 16-4:** Selección de semilla a germinar

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

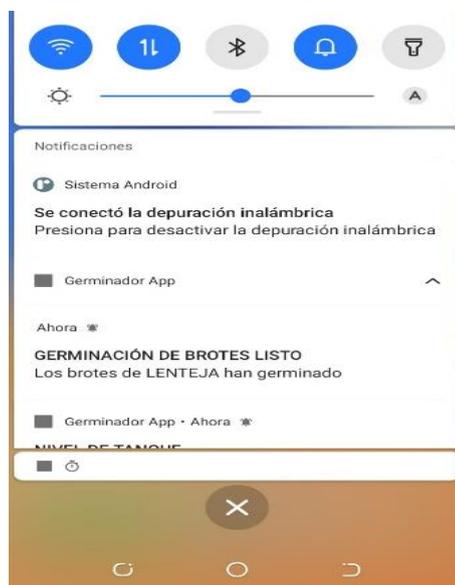
A partir de ese momento como se puede muestra en la *Ilustración 17-4*, el usuario podrá visualizar los parámetros de germinación de la semilla seleccionada mediante la aplicación móvil y la pantalla HMI.



**Ilustración 17-4:** Germinación de brote de lenteja

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Finalmente, el usuario recibe un mensaje de notificación cuando deba suministrar agua al tanque para el sistema de riego y cuando el brote haya terminado su tiempo de germinación como se observa en la *Ilustración 18-4*.



**Ilustración 18-4:** Notificación de germinación de brote listo

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En base a la prueba realizada se pudo verificar el funcionamiento, usabilidad y manejo intuitivo del prototipo, para validar se adjunta el Anexo Y certificado emitido por el Lic. Cristian Pino administrador del MIA LOUNGE & RESTAURANT.

#### **4.12. Prueba de aceptabilidad y calidad de brotes**

El objetivo de esta prueba es determinar el grado de calidad y aceptabilidad de brotes producidos por el Germinador PRO.

Cuando se trata de evaluar la calidad de un producto desde el punto de vista del consumidor, el análisis sensorial se convierte en una herramienta de suma importancia, ya que permite encontrar atributos de valor destacados (Surco & Alvarado, 2011).

Las pruebas sensoriales pueden ser: afectivas y descriptivas.

**Pruebas afectivas.** – Consiste en que el juez o experto valora los productos mediante una descripción de las propiedades organolépticas en cuanto a: sabor, olor, color, textura, apariencia, entre las más importantes sin identificar su procedencia (Surco & Alvarado, 2011).

**Prueba descriptiva.** – Es aquella donde un juez o experto expresa su reacción subjetiva del producto, indicando si le gusta o si prefiere otro (Barda, 2006).

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

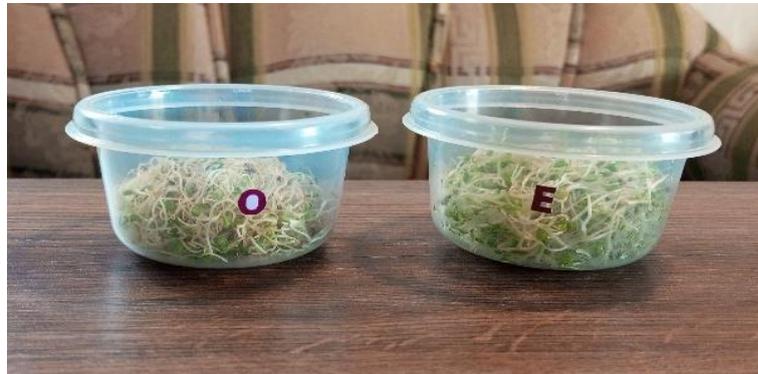
Para realizar el análisis descriptivo se utiliza una escala hedónica con 7 puntos de caracterización como se muestra en la *Tabla 11-4*, para lo cual se introduce un producto comercial, esta prueba determinará el grado de aceptabilidad del producto según sus características organolépticas.

**Tabla 11-4:** Escala hedónica de 7 puntos de categorización

<b>Valor</b>	<b>Muestra grado de aceptabilidad</b>
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta poco
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

**Fuente:** (Anzaldúa, 1994)

Para realizar esta prueba se procedió a etiquetar dos envases como se puede apreciar en la *Ilustración 19-4*, el primero denominado por la letra O son brotes adquiridos de un supermercado y el envase etiquetado con la letra E son brotes producidos por el Germinador PRO.



**Ilustración 19-4:** Prueba de calidad de brotes

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023

Una vez etiquetados los productos, el Chef. Jorge Donoso procede a observar y degustar, como se muestra en la *Ilustración 20-4*, calificando las propiedades organolépticas de los brotes de alfalfa.



**Ilustración 20-4:** Degustación de producto “O” y “E”

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

De la degustación del producto se tiene la *Tabla 12-4* donde se evaluará de una escala del 1 al 7, siendo 7 el grado de aceptabilidad más alto del test realizado

**Tabla 12-4:** Test efectuado por el Chef. Jorge Gallegos

Características Organolépticas	Producto "O"	Producto "E"
Textura	3	7
Olor	1	7
Sabor	2	7
Color	3	7
Crujiente	2	7
Apariencia	4	7

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

Fuente: Chef. Jorge Gallegos

En base a la prueba afectiva realizada se determina que producto “E”, tiene un grado de aceptabilidad 7 ya que posee mejores características tales como textura, sabor, olor, color, apariencia y además son crujientes a diferencia del producto “O”. Para validar se adjunta el Anexo Z correspondiente a test realizado y el anexo AA, certificado emitido por el Chef. Jorge Gallegos administrador de DANTE STUDIO GASTRONÓMICO.

#### 4.12.2. Prueba descriptiva

Una vez efectuada la degustación se determina la escala de calidad de los brotes. En la figura se observa el chef dando el juicio de calidad a favor del producto “E”.



**Ilustración 21-4:** Evidencia de la prueba descriptiva

Fuente: Chef. Jorge Gallegos

En la *Tabla 13-4* se muestra la calificación y el juicio del producto “O” y “E”.

**Tabla 13-4:** Calificación según el criterio del profesional

Calidad	Producto “O”	Producto “E”
Excelente		X
Bueno		
Regular	X	
Malo		

**Realizado por:** Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

**Fuente:** Chef. Jorge Gallegos

En base a la prueba descriptiva realizada y la *Tabla 13-4* se determina que producto “E” tiene un grado de calidad excelente, ya que tiene destacadas características organolépticas, al contrario del producto “O” que denota textura fina, crocancia disminuida, color de brotes amarillentos, apariencia delgada, entre otras. Para validar se adjunta el Anexo Z correspondiente a test realizado y el anexo AA, certificado emitido por el Chef. Jorge Gallegos administrador de DANTE STUDIO GASTRONÓMICO.

#### 4.13. Análisis económico del Germinador PRO

La *Tabla 14-4* muestra los costos totales requeridos para la construcción del Germinador PRO, en el cual se indica los costos de implementación en detalles de los elementos utilizados para su construcción. Los costos que a continuación se detallan corresponden a su compra en Ecuador.

**Tabla 14-4:** Análisis económico para la construcción del Germinador PRO

Cantidad	Componente	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Arduino mega 2560 PRO	\$ 25.00	\$ 25.00
1	ESP8266 Wemos D1 Mini	\$ 15.00	\$ 15.00
1	Monster Moto Shield	\$ 18.95	\$ 18.95
1	Driver puente H	\$ 5.00	\$ 5.00
1	Sensor FS200-SHT1	\$ 28.65	\$ 28.65
1	Sensor de luz digital BH1750	\$ 4.50	\$ 4.50
1	Calefactor PTC	\$ 30.00	\$ 30.00
1	Ventilador axial Wathai	\$ 5.00	\$ 5.00
4	Led Dhin	\$ 3.00	\$ 12.00
1	Nextion NX8048P070-011C-Y HMI	\$ 135.00	\$ 135.00
1	Módulo relé de 4 canales	\$ 10.00	\$ 10.00
2	Bomba de agua con diafragma	\$ 8.00	\$ 16.00
2	Electroválvulas	\$ 10.00	\$ 20.00
2	Convertidores regulables	\$ 3.50	\$ 7.00
1	Estructura metálica	\$ 259.00	\$ 259.00

1	Bandeja de germinación	\$ 4.65	\$ 4.65
1	Contenedor de agua	\$ 10.00	\$ 10.00
3	Panchas de madera MDF	\$ 5.00	\$ 15.00
1	Batería	\$ 22.00	\$ 22.00
4	Manguera + Microaspersor Uxcell	\$ 3.00	\$ 12.00
3	Unión T	\$ 1.67	\$ 5.01
1	Fuente de PC	\$ 20.00	\$ 20.00
1	Sistema de alimentación	\$ 30.00	\$ 30.00
1	Acrílico polarizado	\$ 50.00	\$ 50.00
1	Acrílico transparente	\$ 10.00	\$ 10.00
1	Semillas de prueba	\$ 7.60	\$ 7.60
3	Galones de agua purificada	\$ 2.00	\$ 6.00
1	Elementos varios	\$ 50.00	\$ 50.00
<b>Costo total</b>		\$	814.41

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En base a la *Tabla 14-4*, el subtotal de construcción del Germinador PRO se determinó en \$814.71. Utilizando el valor total del prototipo germinador de semillas se puede construir una tabla de costo-beneficio, comparable con la cámara de germinación de semillas propuesta por Alibaba (2020), el cual tiene características similares al dispositivo denominado Germinador PRO; ver *Tabla 14-4* para más detalles.

**Tabla 15-4:** Tabla comparativa entre el germinador PRO y la cámara de germinación de semillas

Características	Germinador PRO	Cámara de germinación de semillas
<b>Proceso de germinación</b>	Completa Fases: Hidratación, germinación, crecimiento	Incompleta Fases: Germinación, crecimiento
<b>Parámetros monitoreados</b>	Temperatura, luminosidad, riego, humedad, tiempo de germinación, nivel de tanque, nivel de bandeja, nivel de batería	Temperatura, luminosidad, humedad
<b>Control de temperatura</b>	Si	Si
<b>Control de humedad</b>	Si	Si
<b>Sistema de iluminación</b>	Si	Si
<b>Registro de usuarios</b>	Si	No
<b>Sistema de riego</b>	Si	No
<b>Conexión inalámbrica</b>	Si	No
<b>Base de datos</b>	Si	No
<b>Pantalla HMI</b>	Si	No

Sistema de respaldo de energía	Si	No
Aplicación móvil	Si	No
Material	Madera y acero inoxidable	Acero inoxidable
Dimensiones (cm)	60x30x30	50x38x80
Costo	\$814.41	\$1,300.00

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

De acuerdo con la *Tabla 15-4*, se puede observar que el equipo comercial comparado tiene una deficiencia en sus características comerciales en relación con el prototipo y al analizar su costo se ve que hay una diferencia del 37.35%. Lo que implica que el prototipo denominado germinador PRO tiene mejores características y es de menor costo, siendo este un futuro equipo competitivo, además se pueden destacar ventajas adicionales como poseer una pantalla HMI que permite el acceso en modo usuario o técnico, contiene una interfaz donde se puede elegir el tipo de semilla que se desea germinar, estos datos se almacenan en una base de datos, así también como la información del estado de los diferentes actuadores y datos de la temperatura, humedad, luminosidad tiempo de riego, nivel de agua, conexión inalámbrica, sistema de riego programado, sistema de respaldo de energía en caso de cortes eléctricos y cuenta con una aplicación móvil que emite notificaciones cuando la semilla ha cumplido con el tiempo de germinación y cuando el agua se encuentre en un nivel alto y bajo del: tanque de agua, bandeja, así también como el nivel de batería. Una de las principales ventajas germinador PRO es que está equipado para cumplir con las fases de germinación de la semilla realizando primero un enjuague de las semillas cada 8 horas; posteriormente entra en la fase de hidratación con sus respectivos riegos hasta completar la fase de germinación y crecimiento.

#### 4.13.1. Costo- beneficio de producción

En la *Tabla 16-4* se muestra un análisis del peso en gramos antes de germinar y cuantos gramos se producen después de germinar. Se relaciona todos los valores y se halla el porcentaje de ganancia de producción del germinador PRO.

**Tabla 16-4:** Tabla de costo beneficio de producción

Semilla	Precio semilla (1 lb)	Peso en (gr) antes de germinar	Costo en gramos de semilla utilizada (\$)	Peso en (gr) después de germinar	Valor referencial del brote comercializado (100 gr) (\$)	Ganancia de producción del germinador PRO (\$)	Porcentaje de ganancia de producción (%)
Semilla Lenteja	0,8	149	0.26	384	2.50	7.10	96.33
Semilla Alfalfa	12	143	3.78	189	2.50	4.73	20.08
Semilla Quinoa	0,75	143	0.23	167	2.50	4.18	94.49

Realizado por: Moyon Jeshica, Reino Carmen, 2023.

En base a la *Tabla 16-4*, se tiene una ganancia de producción del 96.33% en el caso de la lenteja, un 20.08% en la semilla de alfalfa y un 94.49% con la semilla de quinoa. Se concluye que el prototipo genera beneficios económicos.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un prototipo germinador de semillas para el área alimenticia con supervisión y control de temperatura, humedad, luminosidad y riego automático. Esta supervisión de parámetros se lo realiza en tiempo real mediante una aplicación móvil que es la encargada de emitir notificaciones cuando las semillas hayan cumplido con su etapa de germinación y el estado de los niveles de: agua y batería.
- El prototipo está constituido por etapas de: adquisición de datos, actuación, control y recepción y finalmente la de visualización de la información, cada uno cumple con funciones específicas. Cuenta con tecnología WIFI para acceder a internet específicamente a la base de datos en donde se almacena la información.
- Según las pruebas de validación de los sensores de humedad, temperatura y luminosidad se determinó que poseen un error relativo porcentual máximo de 1.90 %, el 1.85 % y 0.12 % respectivamente, lo que al encontrarse en un rango entre el 1% y el 10% indican que los resultados de la prueba están entre “bueno” y “muy bueno”.
- En base a las pruebas de validación de sensores de humedad, temperatura y luminosidad se determinó errores absolutos de 0.4 °C, 1 % RH y 1 Lx respectivamente, lo que demuestra que mantienen los errores dentro de los rangos especificados para cada sensor en la hoja de datos. Se concluye que el prototipo no agregó ningún error adicional al de los sensores.
- A partir de las pruebas de estabilidad, los coeficientes de variación de los sensores de humedad, temperatura y luminosidad se determinaron en 0.67 %, el 0.88 % y 0.09% respectivamente. Concluyendo que el prototipo es preciso y con poca variabilidad, ya que el coeficiente de variación de los sensores añadidos en el prototipo es menor al 5%.
- A través de la prueba de integridad de la información, se obtuvo un error absoluto nulo, verificando que los datos enviados son iguales a los datos recibidos. Existiendo integridad en la transmisión de la información. Además, se obtiene un error relativo debajo del 0.1%, concluyendo que las medidas son de alta precisión.
- Por medio de la prueba de integridad de los actuadores hacia la base de datos, tras aplicar la técnica de observación se determinó que existe integridad de información de los

actuadores hacia la base de datos para cada una de las semillas de lenteja, alfalfa y quinoa, además no existe pérdida de datos en ninguna ocasión.

- Referente a la prueba de notificaciones de alerta se realizó por observación garantizando que exista el debido funcionamiento, se recibió mensajes de alerta cuando el tanque de agua estaba en un nivel bajo, el nivel de la batería. Y finalmente cuando el brote haya llegado a su día de cosecha. Por tal razón se concluye que se cumplió con los requerimientos establecidos.
- En cuanto a la alimentación del germinador PRO, se tiene un consumo energético real en estado inactivo de 640.7 mA y para un estado activo es de 2187.6 mA siendo menor con un 82.02% y un 16.21% respectivamente, comparado con el consumo teórico calculado. Por lo tanto, si la batería entra en funcionamiento tendría una duración 18.72 horas para un consumo de en estado inactivo, y una duración de 4.10 horas para un estado activo.
- Con respecto a la producción de brotes se determina el cumplimiento del segundo objetivo específico, que es la obtención de 100 semillas de lenteja, alfalfa, quinoa. Además, después de germinar se evidencia que los seis pesos considerados, incrementan y se obtiene una producción total de 1854 brotes de lenteja equivalente al 99.51%, 7121 brotes de alfalfa equivalente al 99.59 % y 7104 brotes de quinoa equivalente a 99.35%.
- Mediante la prueba de funcionamiento y usabilidad ejecutadas por el Licenciado gastrónomo Cristian Pino, se concluye que el Germinador PRO es de fácil uso y manejo intuitivo, además de ser una propuesta innovadora para la obtención de brotes alimenticios.
- Por medio de las pruebas: afectiva y descriptiva realizadas por el Chef. Jorge Gallegos, se determina que el producto “E” tiene un grado de aceptabilidad “7” y una escala de calidad “Excelente” a diferencia del producto “O” comercializado.
- En base al análisis económico hecho para el diseño e implementación del prototipo electrónico se determina que el costo del Germinador PRO es 37.35% más económico a diferencia de una cámara de germinación de semillas, además se pueden destacar numerosas ventajas adicionales como: proceso de germinación de brotes de semillas

completa, mayor número de parámetros monitoreados, integración de sistema de respaldo de energía, dimensiones más reducidas, entre otras.

## **RECOMENDACIONES**

- Se sugiere ampliar el tiempo de prueba con la finalidad de encontrar posibles mejoras de diseño, debido a que el tiempo dedicado al presente Trabajo de integración curricular fue muy corto.
- Industrializar el diseño, ampliando su capacidad y mejorando el diseño.
- Miniaturizar los componentes del área eléctrica y electrónica con la finalidad optimizar la capacidad de producción.
- Emigrar el diseño para la producción de equipos de mayor capacidad de producción debido a que el equipo es un prototipo de prueba.
- Se recomienda incorporar inteligencia artificial al prototipo, que facilite la calidad en la selección de las semillas antes y durante el proceso de germinación.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGELECTRONICA.** *Sensor de humedad y temperatura* [blog]. 2019. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/s/sht-10.pdf>

**AGLOMA.** *Qué son los tableros MDF y cuáles son sus beneficios principales* [blog]. 2020. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.agloma.es/que-son-los-tableros-mdf-y-cuales-son-sus-beneficios-principales/>

**ALIBABA.** *150 litros, pequeña cámara de germinación de semillas, incubadora de crecimiento de plantas—buy small plant growth chamber, small plant incubator, small seed germination incubator product on alibaba.com* [blog]. [Consulta: 27 octubre 2022]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/150-liters-small-seed-germination-chamber-60381204685.html>

**ALIEXPRESS.** *JELPC-Válvula solenoide neumática, modelo J3V210-08-NC* [blog]. 2020. [Consulta: 05 noviembre 2022]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/i/1005001975069872.html>

**ALMACEN NATIVO.** *Importancia de activar las semillas y granos – almacén nativo* [blog]. 2020. [Consulta: 27 octubre 2022]. Disponible en: <https://almacennativo.cl/importancia-de-activar-las-semillas-y-granos/>

**AMAZON. (-a).** *Bomba de fuente, bomba de agua sumergible de 220 gph(15 w 900 l/h) con cable de alimentación de 7.2 pies (7.2 ft), 3 boquillas para acuario, estanque, pecera, bomba de agua hidropónica: productos para animales* [blog]. [Consulta: 24 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/cwkj-sumergible-alimentaci%3%b3n-7-2-hidrop%3%b3nica/dp/b07z2qy9s1>

**AMAZON. (-b).** *Nextion pantalla táctil capacitiva inteligente nx8048p070-011c de 7.0 pulgadas, pantalla lcd tft hmi de 800 x 480 compatible con audio y video (táctil capacitivo): industrial y científico* [blog]. [Consulta: 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/capacitiva-inteligente-nx8048p070-011c-compatible-capacitivo/dp/b0825mwpgp>

**AMAZON. (-c).** *Sistema de riego ajustable para riego de riego, microemisor, sistema de riego por goteo en barra de 1/4 pulgadas, 50 unidades, rojo: amazon.com.mx: hogar y cocina* [blog]. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.amazon.com.mx/uxcell-ajustable-microemisor-pulgadas-unidades/dp/b07sr6b856?th=1>

**AMAZON.** *DC5V negro buzzer electrónico alarma sonda altavoz tono piezo mini zumbadores piezo activo, ajuste para computadoras impresoras componentes electrónicos hf-12095: electrónica* [blog]. 2018. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/electr%c3%b3nico-zumbadores-computadoras-componentes-electr%c3%b3nicos/dp/b07vk1gj9x>

**AMAZON. (-d).** *PTC - calentador de aire para ventilador de coche, 100 w, 12 v, ahorro de energía, calentadores de temperatura constante para calentadores, humidificadores y aparatos de aire acondicionado: hogar y cocina* [blog]. [Consulta: 10 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.amazon.com/-/es/ptc-calentadores-temperatura-humidificadores-acondicionado/dp/b07mdn81c3/ref=sr\\_1\\_5?mk\\_es\\_us=%c3%85m%c3%85%c5%bd%c3%95%c3%91&crid=5mtbscpb6qb3&keywords=ptc+heater&qid=1669212725&prefix=calefactor+ptc%20caps%20303&sr=8-5/ref=sr\\_1\\_5?mk\\_es\\_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=5MTBSCP B6QB3&keywords=ptc+heater&qid=1669212725&prefix=calefactor+ptc%20Caps%20303&sr=8-5](https://www.amazon.com/-/es/ptc-calentadores-temperatura-humidificadores-acondicionado/dp/b07mdn81c3/ref=sr_1_5?mk_es_us=%c3%85m%c3%85%c5%bd%c3%95%c3%91&crid=5mtbscpb6qb3&keywords=ptc+heater&qid=1669212725&prefix=calefactor+ptc%20caps%20303&sr=8-5/ref=sr_1_5?mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=5MTBSCP B6QB3&keywords=ptc+heater&qid=1669212725&prefix=calefactor+ptc%20Caps%20303&sr=8-5)

**ANDROID DEVELOPERS.** *Introducción a android studio | desarrolladores de android. android developers* [blog]. 2021. [Consulta: 09 noviembre 2022]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>

**ANZALDÚA, A.** *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica* [en línea]. 1994. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.editorialacribia.com/libro/la-evaluacion-sensorial-de-los-alimentos- en-la-teoria-y-la-practica\\_53649/](https://www.editorialacribia.com/libro/la-evaluacion-sensorial-de-los-alimentos- en-la-teoria-y-la-practica_53649/)

**ARDUINO.** *Funciones Wifi - Clase UDP* [blog]. [Consulta: 3 diciembre 2022]. Disponible en: <http://manueldelgadocrespo.blogspot.com/p/funciones-wifi- clase-udp.html>

**ARRIETA MIRANDA, Aylene.** *Importancia de los germinados para el consumo humano* [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Santander, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Agropecuarias. Colombia. 2021. [Consulta: 23 agosto 2022]. Disponible en: [https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/5646/1/importancia\\_de\\_los\\_germinados\\_para\\_el\\_consumo\\_humano.pdf](https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/5646/1/importancia_de_los_germinados_para_el_consumo_humano.pdf)

**AUTODESK.** *EAGLE | PCB design and electrical schematic software* [blog]. 2022. [Consulta: 06 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>

**AV ELECTRONICS.** *Monster Moto Shield VNH2SP30* [blog]. [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/monster- moto-shield/>

**AV ELECTRONICS.** (-a). *Convertidor Voltaje DC-DC Step-Down 3A MP2307DN Mini-360* [blog]. [Consulta: 04 diciembre 2022]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-mp2307dn/>

**BARDA, N.** *Análisis sensorial de los alimentos* [blog]. 2006. [Consulta: 02 enero 2023]. Disponible en: [https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_anlisis\\_sensorial\\_de\\_los\\_alimentos\\_fruticultura.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_anlisis_sensorial_de_los_alimentos_fruticultura.pdf)

**BLÁZQUEZ, J.** “Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos” Creative Commons [en línea], (España), pp. 7-25. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia\\_y\\_desarrollo\\_en\\_dispositivos\\_moviles/Tecnologia\\_y\\_desarrollo\\_en\\_dispositivos\\_moviles\\_\(Modulo\\_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf)

**BROTOS CHILE.** *Brotos Chile* [blog]. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://broteschile.cl/>

**CAMARGO, I., & GORDON, R.** “La repetitividad como estimador de la precisión experimental en el análisis de experimentos”. *Agronomía mesoamericana* [en línea], 2017, (Costa Rica) 28(1), pp. 3-12. [Consulta: 12 diciembre 2022]. ISSN1021-7444 1659-1321. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/437/43748637012/43748637012.pdf>

**CASTILLEJO HERNÁNDEZ, Pablo.** Cámara germinadora de semillas [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicación España. Navarra. 2014. pp. 9-190. [Consulta: 25 junio 2022]. Disponible en: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/15249/629222.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CASTILLO, O.** *Estadística Módulo* [en línea]. 2009. [Consulta: 30 diciembre 2022]. Disponible en: <http://www.alejandrogonzalez.com.ar/archivos/librodecalidad-estadisticaaplicada.pdf>

**CENACE.** *Informe anual 2020* [blog]. 2020. [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/04/Informe-Anual-CENACE-2020-Parte-1.pdf>

**CEPAL.** *Malnutrición en niños y niñas en América Latina y el Caribe* [blog]. CEPAL. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/enfoques/malnutricion-ninos-ninas-america-latina-caribe>

**CLAWS.** *BH1750 [C++]* [blog]. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <https://github.com/claws/BH1750>

**COCINERO.** *Los brotes de semillas o germinados* [blog]. [Consulta: 15 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://yonosococinero.blogspot.com/2014/05/los-brotos-de-semillas-o-germinados.html>

**COLCHA, H. E. M., VÁSQUEZ, C. R. V., VILLACIS, C. E. C., & HIDALGO, E. Y. R.** “Desnutrición en Niños Menores de 5 Años: Complicaciones y Manejo a Nivel Mundial y en Ecuador”. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento* [en línea], 2019, (Ecuador), 3(1), pp. 345-361. [Consulta: 11 octubre 2022]. ISSN-e 2588-073X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6796767>

**CONASI.** *Garbanzos: Propiedades y valor nutricional* [blog]. [Consulta: 19 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/garbanzos-propiedades/>

**COLAVEDA, O., & ROJAS, M.** Agrimation 1.0: Prototipo agrícola de germinados automatizado en el centro San Marcelino Champagnat [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Católica de Colombia, Colombia. 2018. pp. 31-83. [Consulta: 12 junio 2022]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22454/1/Documento%20Tesis.pdf>

**DE LA CUADRA, C.** *Germinación, latencia y dormición de semillas* [En línea]. Madrid: Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, D.L. 1993. [Consulta: 12 junio 2022]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1992\\_03.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_03.pdf)

**DESIGNTHEMES. (-a).** *ESP8266 Programación OTA | Tienda y Tutoriales Arduino* [blog]. [Consulta: 19 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.prometec.net/esp8266-programacion-ota/>

**DESIGNTHEMES. (-b).** *Kit de evaluación SEK-SCD41 CO2* [blog]. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.prometec.net/kit-de-evaluacion-sek-scd41-co2/>

**DORIA, J.** “Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento”. *Cultivos Tropicales* [En línea], 2010, (La Habana), 31(1). [Consulta: 12 junio 2022]. ISSN 0258-5936. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100011#:~:text=La%20semilla%20no%20puede%20conservar,dejarla%20secar%20en%20una%20bandeja.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011#:~:text=La%20semilla%20no%20puede%20conservar,dejarla%20secar%20en%20una%20bandeja.)

**DOTNET-BOT.** *Split Método (System)* [blog]. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/api/system.string.split>

**ECUAPLANTAS.** *Servicio de Germinación – Ecuaplantas Quito Ecuador* [blog]. [Consulta: 23 agosto 2022]. Disponible en: <https://ecuaplantas.com/servicio-de-germinacion/>

**ECURED.** *Acrílico* [blog]. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Acr%C3%ADlico>

**EL COMERCIO.** *Pequeños brotes llenos de nutrientes* [blog]. 2020. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/tendencias/pequenos-brotes-nutrientes-alimentos- salud.html>

**ELECTRÓNICA JM.** *Ventilador plástico 3 1/2" 12V VN-4051* [blog]. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://electronica- jm.com/product/ventilador-plastico-3-1-2-12v-vn-4051/>

**ELORZA, M.** *Brotes y Germinados* [blog]. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: [http://www.munistgo.info/medioambiente/wpcontent/uploads/2016/10/Brotes\\_y\\_Germinados.pdf](http://www.munistgo.info/medioambiente/wpcontent/uploads/2016/10/Brotes_y_Germinados.pdf)

**EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A.** *Interrupciones Programadas / SITIO WEB EERSA* [blog]. 2022. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.eersa.com.ec/site/noticias-3/>

**ENSANUT.** *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición* [en línea]. Ecuador, 2018. [Consulta: 6 octubre 2022]. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/ENSANUT/ENSANUT\\_2018/Principales%20resultados%20ENSANUT\\_2018.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/ENSANUT_2018/Principales%20resultados%20ENSANUT_2018.pdf)

**FIREBASE.** *Firestore Realtime Database | Almacena y sincroniza datos en tiempo real* [blog]. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://firebase.google.com/products/realtime-database?hl=es-419>

**FISHER, A., LAING, J., STOECKEL, J., & TONWSEND, J.** *Manual para el diseño de investigación operativa en planificación familiar* [en línea]. Segunda edición, 1991. [Consulta: 02 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.insp.mx/resources/images/stories/Centros/nucleo/docs/planificacion\\_familiar.pdf](https://www.insp.mx/resources/images/stories/Centros/nucleo/docs/planificacion_familiar.pdf)

**GAVÁ.** *Panel Led Cuadrado 3w 85-265v Dhino – Gavá Importaciones* [blog]. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://gava.com.ec/shop/panel-led-cuadrado-3w-85-265v-dhino/>

**GEEK FACTORY.** *Nextion en México—Pantalla LCD táctil inteligente* [blog]. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.geekfactory.mx/etiqueta-producto/nextion/>

**CÁRDENAS, G. G., & GÓMEZ, F. A. S.** “Diseño e implementación de una Tarjeta de Desarrollo con profundización en desarrollo de aplicación de Touch Sensing”. *LACCEI* [en línea], 2013, (México), pp. 1-10. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2013- Cancun/RefereedPapers/RP157.pdf>

**GONZÁLEZ, R.** *Solución para la monitorización de trabajadores en obra mediante tecnologías inalámbricas* [blog]. 2012. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Electronica/17.pdf](https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Electronica/17.pdf)

**GUÍAS PRÁCTICAS.** *Calefactor / Guías Prácticas* [blog]. 2014. [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.guiaspracticas.com/calefaccion/calefactor>

**GUTIERREZ, R.** *Programa Acción Nutrición – Secretaría Técnica Ecuador Crece Sin Desnutrición Infantil* [blog]. 2022. [Consulta: 08 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.infancia.gob.ec/programa-accion-nutricion/>

**GUTIÉRREZ, W.** “La desnutrición en la niñez en el Perú: Factores condicionantes y tendencias”. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* [en línea], 2011, 28(2), 396-397. [Consulta: el 23 agosto de 2022]. ISSN 1726-4634. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342011000200040](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342011000200040)

**HERNÁNDEZ, A., ÁVILA, A., MENDOZA, N., & HERNÁNDEZ, H.** "Diseño, construcción, verificación y prueba de un germinador de bajo costo". *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [en línea], 2019, 10(2), pp. 431-440. [Consulta: 1 agosto 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.871>

**HNTTOOLS.** *Válvula Solenoide* [blog]. [Consulta: 25 noviembre 2022]. Disponible en: <https://hntools.es/ayuda-y-consejos/valvula-solenoide/>

**HYDRO ENVIRONMENT.** *Guía: ¿Cómo seleccionar un calefactor para tu invernadero?* [blog]. [Consulta: 10 octubre 2022]. 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)

**INCAP.** *Desnutrición* [blog]. 2013. [Consulta: 8 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.incap.int/index.php/es/desnutricion2>

**INEC.** *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición: ENSANUT-ECU 2012* [en línea]. Ecuador, 2014. [Consulta: 8 septiembre 2022]. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/ENSANUT/MSP\\_ENSANUT-ECU\\_06-10-2014.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/MSP_ENSANUT-ECU_06-10-2014.pdf)

**INFOAGRO.** *El proceso de la germinación de semillas. Etapas* [blog]. 2018. [Consulta: 8 septiembre 2022]. Disponible en: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_proceso\\_germinacion\\_semillas\\_etapas.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_proceso_germinacion_semillas_etapas.asp)

**INTA.** *Brotos y germinados en la alimentación* [blog]. [Consulta: 5 septiembre 2022]. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_-\\_germinados\\_-\\_prohuerta\\_2017.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_germinados_-_prohuerta_2017.pdf)

**JECRESPOM.** *Memoria Flash, SRAM y EEPROM. Aprendiendo Arduino* [blog]. 2017. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/06/21/memoria-flash-sram-y-eprom-3/>

**LA REPÚBLICA.** *Según la ONU, el hambre y la desnutrición se dispararon en 2020 debido a la pandemia* [blog]. Diario La República, 2021. [Consulta: 3 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/globoeconomia/segun-la-onu-el-hambre-y-la-desnutricion-se-dispararon-en-2020-debido-a-la-pandemia-3199726>

**LEENTECH.** *¿Qué es el vidrio y como se produce?* [blog]. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.lenntech.es/library/glass.htm>

**LILLIPUT.** *Lentejas y legumbres germinadas—Tus Brotos verdes Lilliput* [blog]. 2013. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.tusbrotosverdes.com/blog/lentejas-rojas-y-legumbres/>

**LORENZ, K.** “Cereal sprouts: Composition, nutritive value, food applications”. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [en línea], 2012, 13(4), pp. 353-385. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408398009527295>

**MANZANO, V.** *El tamaño de la muestra* [en línea]. 2009. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <http://asignatura.us.es/dadpsico/apuntes/TamMuestra.pdf>

**MASTERVOLT.** *Carga de las baterías | Mastervolt* [blog]. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.mastervolt.es/carga-de-las-bateras/>

**MCCARTHY, J., & SÁNCHEZ, E.** *La desnutrición es la principal causa de muerte a nivel mundial* [blog]. 2020. [Consulta: 23 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.globalcitizen.org/es/content/global-nutrition-report-2020/>

**MEDVEDOVSKY, J.** *Germinados* [blog]. [Consulta: 7 octubre 2022]. Disponible en: <https://espiritualchef.com/wp-content/uploads/2019/05/GERMINADOS- Espiritual-Chef-2.pdf>

**MERCADO LIBRE.** *Batería 12v 12ah Bless Power Para Alarmas, Ups, Cerco Eléctrico* [blog]. [Consulta: 7 diciembre 2022]. Disponible en: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517610646-bateria-12v-12ah-bless-power-para-alarmas-ups-cerco-electr-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517610646-bateria-12v-12ah-bless-power-para-alarmas-ups-cerco-electr-_JM)

**NAREA, D., & TAPIA, J.** Mejora de la eficiencia de un ventilador axial que opera en un refrigerador doméstico [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador, 2021. pp. 20-60. [Consulta: 7 octubre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21167/1/UPS-CT009296.pdf>

**NAYLAMP MECHATRONICS.** (-a) *Arduboard Mega 2560 Pro—Embebido* [blog]. [Consulta: 23 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/ardusystem-tarjetas/402-mega-2560-embebido.htm>

**NAYLAMP MECHATRONICS.** *Arduboard Mega 2560 Pro—Embebido* [blog]. [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/ardusystem-tarjetas/402-mega-2560-embebido.html>

**NAYLAMP MECHATRONICS.** (b). *Tutorial módulo sensor de luz BH1750. Naylamp Mechatronics - Perú* [blog]. 2016. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: [https://naylampmechatronics.com/blog/44\\_tutorial-modulo-sensor-de-luz-bh1750.html](https://naylampmechatronics.com/blog/44_tutorial-modulo-sensor-de-luz-bh1750.html)

**NAYLAMP MECHATRONICS.** (-c) *Driver Puente H L298N 2A* [blog]. [Consulta: 10 noviembre 2022]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html>

**NOVAGRIC.** *Riego por Microaspersión / Sistemas de Riego por Difusión y Nebulización* [blog]. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-microaspersion>

**OCHOA, A.** *Estos son los tipos de luz y sus efectos en la percepción humana* [blog]. 2020. [Consulta: 01 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.admagazine.com/interiorismo/estos-son-los-tipos-de-luz-y-sus-efectos-en-la-percepcion-humana-20201101-7635-articulos>

**OCONTRILLO, E.** Uso de sensores ultrasónicos en la medición de desplazamiento lateral vehicular en diferentes secciones de la Red Vial Nacional Primaria de Costa Rica [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería

Civil. Costa Rica. 2018. pp. 10-60. [Consulta: 4 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://biblioteca.esepoch.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>

**OMS.** *Malnutrición* [blog]. 2020. [Consulta: 1 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>

**ORTEGA, L.** “Desnutrición infantil, una mirada desde diversos factores”. Investigación Valdizana [en línea], 2019, (Perú), 13(1), 15-26 [Consulta: 23 agosto 2022]. ISSN 1995 - 445X. Disponible en: [https://www.redalyc.org/journal/5860/586062182002/html/#redalyc\\_586062182002\\_ref2](https://www.redalyc.org/journal/5860/586062182002/html/#redalyc_586062182002_ref2)

**PALENCIA, D.** *Qué debes saber sobre la fuente de alimentación de tu PC* [blog]. 2020. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.opirata.com/blog/fuente-de-alimentacion-partes-y-tipos/>

**PÉREZ GALEANO, A., & ZAPATA VALENCIA, S.** Evaluación del comportamiento comercial de los germinados y brotes tiernos en la ciudad de Medellín: Posibles alternativas de comercialización [En línea] (Trabajo de titulación). Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias Caldas. Antioquia. 2015. pp. 14-40. [Consulta: 03 octubre 2022]. Disponible en: [http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1576/1/Evaluacion\\_comportamiento\\_comercial\\_germinados\\_brotes\\_tierno.pdf](http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1576/1/Evaluacion_comportamiento_comercial_germinados_brotes_tierno.pdf)

**PÉREZ, P.** *Tabla de germinación. / Germinación de semillas, Germinación, Germinados* [blog]. 2014. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.pinterest.es/pin/415457134348289196/>

**PITA, J., & PÉREZ, F.** *Germinación de Semillas* [en línea]. Madrid, 1998. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1998\\_2090.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf)

**PORTAL FRUTÍCOLA.** *Temperaturas y tiempos para la germinación de las semillas* [blog]. 2017. [Consulta: 07 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/11/02/temperaturas-tiempos-la-germinacion-las-semillas/>

**PRIMICIAS.** *El 39% de los niños indígenas menores de dos años sufre desnutrición* [blog]. 2022. [Consulta: 7 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/desnutricion-ninos-indigenas-ecuador/>

**PROAINSHOP.** *Cámara de germinación Mangersdorf TE-406* [blog]. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://proain.com/products/camara-de-germinacion-mangersdorf-te-406>

**QUINTERO, V., CHE, O., & CHING, E.** "Baterías de Ion Litio: Características y aplicaciones". Revista de ID Tecnológico [en línea], 2022, (Panamá) 17(1). [Consulta: 7 octubre 2022]. ISSN: 1680-8894. Disponible en:

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392002003/html/index.html>

**RACINES, A.** Investigación de los germinados de lenteja, quínoa, zanahoria, mostaza y su aplicación a la gastronomía actual [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica Equinoccial, Ecuador. 2011. pp. 20-90. [Consulta: 8 septiembre 2022]. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11638/1/45590\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11638/1/45590_1.pdf)

**REVISTA NEO.** *Germinados: Alimento de alto valor nutricional* [blog]. 2020. [Consulta: 7 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.revistaneo.com/articles/2020/09/09/germinados-alimento-de-alto-valor-nutricional>

**RIVERA, J.** "La malnutrición infantil en Ecuador: Una mirada desde las políticas públicas". Revista Estudios de Políticas Públicas [en línea], 2019, (Chile) 5(1), p. 89. [Consulta: 4 septiembre 2022]. ISSN: 0719-6296. Disponible en: <https://doi.org/10.5354/0719-6296.2019.51170>

**RIVERA, J.** "La malnutrición infantil en Ecuador: Una mirada desde las políticas públicas". Revista Estudios de Políticas Públicas [en línea], 2019, (Chile) 5(1), p. 89. [Consulta: 4 septiembre 2022]. ISSN: 0719-6296. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Jairo-Rivera-3/publication/335711082\\_La\\_malnutricion\\_infantil\\_en\\_Ecuador\\_una\\_mirada\\_desde\\_las\\_politicas\\_publicas/links/5e56da3d4585152ce8f27122/La-malnutricion-infantil-en-Ecuador-una-mirada-desde-las-politicas-publicas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jairo-Rivera-3/publication/335711082_La_malnutricion_infantil_en_Ecuador_una_mirada_desde_las_politicas_publicas/links/5e56da3d4585152ce8f27122/La-malnutricion-infantil-en-Ecuador-una-mirada-desde-las-politicas-publicas.pdf)

**RIVERA LOZADA, W.** Diseño y construcción de un germinador de semillas para consumo humano [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Colombia. 2016. p. 50. [Consulta: 20 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71399377.pdf>

**SALAZAR, J.** "Redes inalámbricas". *TechPedia* (2nd ed) [en línea] 2016, (Europa), p. 40. [Consulta: 20 noviembre de 2022]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)

**SALAZAR, O., & VARGAS, E.** Diseño y construcción de una cámara automatizada de germinación de cereales para la Facultad de Ciencias Pecuarias Agropecuarias y recursos agropecuarias y recursos naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. 2018. pp. 28-40. [Consulta: 12 noviembre de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4529/1/PI-000739.pdf>

**SALVADOR, G.** *Desnutrición crónica infantil y anemia en la región Huánuco* [en línea]. 2014. [Consulta: 23 septiembre 2022]. Disponible en: [https://documen.site/download/desnutricion-cronica-infantil-y-anemia-en-la-region-huanuco\\_pdf](https://documen.site/download/desnutricion-cronica-infantil-y-anemia-en-la-region-huanuco_pdf)

**SANTO, M., & LECUMBERRY, G.** *El proceso de medición* [blog]. 2005. [Consulta: 23 noviembre 2022]. 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)

**SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN.** *Plan nacional de desarrollo del 2021-2025* [en línea]. [Consulta: 9 septiembre 2022]. Disponible en: [https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan-de-Creaci%C3%B3n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado\\_compressed.pdf](https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan-de-Creaci%C3%B3n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado_compressed.pdf)

**SENAR, J.** *La Medición de la Repetibilidad y el Error de Medida* [blog]. Barcelona, 1999. [Consulta: 29 diciembre 2009]. Disponible en: [http://www.bcn.cat/museuciencies\\_fitxers/imatges/FitxerContingut1201.pdf](http://www.bcn.cat/museuciencies_fitxers/imatges/FitxerContingut1201.pdf)

**SOFTONIC.** *Arduino IDE* [blog]. 2019. [Consulta: 29 septiembre 2022]. Disponible en: <https://arduino.softonic.com>

**SOLIDWORKS.** *Introducción a Solidworks* [en línea]. 2015. [Consulta: 23 septiembre 2022]. Disponible en: [https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS\\_Introduction\\_ES.pdf](https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf)

**SOUZA, J.** *Germinados Naturalmente Saludables* [en línea]. 2016. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.brandonspanishsda.com/wp-content/uploads/2016/01/Germinados.pdf>

**SURCO, J., & ALVARADO, J.** “Estudio estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas de panificación”. *Revista Boliviana de Química* [en línea], 2011, (Bolivia) 28(2), pp. 79-82. [Consulta: 02 enero 2023]. ISSN: 0250-5460. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339676005.pdf>

**SWISSINFO.** *Ecuador se propone reducir la desnutrición crónica infantil al 23 %* [blog]. 2021. [Consulta: 23 septiembre 2022]. 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)

**TANE.** *Temperatura y humedad relativa* [blog]. 2021. [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: <https://tanegrowshop.com/news/temperatura-y-humedad-relativa>

**TAPIA, L. E., & GARCÍA, J. G.** "¿Cómo se fabrica un LED? ". *Revista Universitarios Potosinos* [en línea]. 268(18). [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: <https://leka.uaslp.mx/index.php/universitarios-potosinos/article/view/248>

**TITE, D.** Diseño y construcción de un sistema automático para controlar el microclima en una cámara de germinación y enraizamiento [En línea] (Trabajo de titulación). Ecuador. 2020. pp. 20-85. [Consulta: 28 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14307/1/15T00733.pdf>

**TORRES, F., & FERNÁNDEZ, C.** Clase 2. Sensores y detectores [blog]. 2022. [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18433/1/Tema%202\\_Sensores%20y%20Detectores.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18433/1/Tema%202_Sensores%20y%20Detectores.pdf);

**ULBRINOX.** ¿Qué son los aceros inoxidables? [blog]. 2020. [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ulbrinox.com.mx/blog/que-son-los-aceros-inoxidables-1>

**UNICEF.** Desnutrición Crónica Infantil [blog]. 2021. [Consulta: 06 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-infantil>

**UNICEF.** Desnutrición en Ecuador [blog]. 2021. [Consulta: 5 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrici%C3%B3n>

**UNICEF.** Desnutrición [blog]. 2022. [Consulta: 23 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrici%C3%B3n>

**VEGAFFINITY.** Verduras [blog]. 2014. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.vegafinity.com/comunidad/alimento/alfalfa-germinada-beneficios-informacion-nutricional--f430>

**VILLÉN, M.** Descubre las propiedades de los germinados, alimentos vivos [blog]. 2012. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.conasi.eu/blog/productos/germinados-alimentos-vivos/propiedades-de-los-germinados/>

**VISTRONICA SAS.** Módulo Relé de 4 Canales 5V [blog]. 2012. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.vistronica.com/potencia/modulo-rele-de-4-canales-5v-detail.html>

**ZAMBRANO, A., & PINTO, L.** “Aplicación de las redes neuronales artificiales en procesadores digitales de señales: Caracterización de sensores infrarrojos”. Universidad, Ciencia y Tecnología [en línea], 2009,13(51), pp. 129-136. [Consulta: 20 agosto 2009]. ISSN 1316-4821. Disponible en: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1316-48212009000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1316-48212009000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

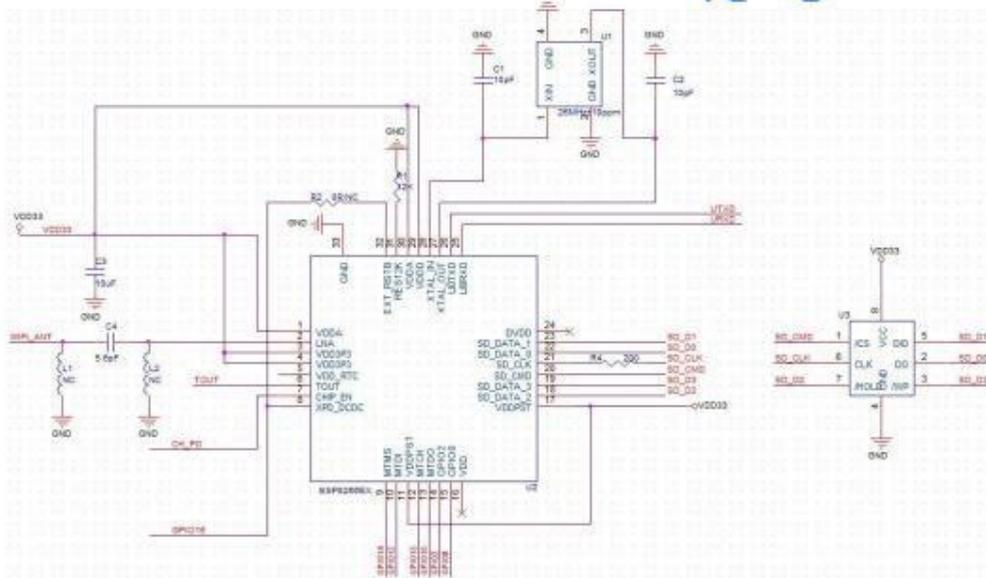


# ANEXO B: HOJA DE DATOS DEL ESP8266 WEMOS D1MINI

ESP8266 802.11bgn Smart Device



## 4 Application Diagram



7 | Page

Espressif Systems

Oct 12, 2013

### 7.2 RF Performance

The following are measured under room temperature conditions with 3.3V and 1.1V power supplies.

Description	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412		2484	MHz
Input impedance		50		Ω
Input reflection			-10	dB
Output power of PA for 72.2Mbps	14	15	16	dBm
Output power of PA for 11b mode	17.5	18.5	19.5	dBm
Sensitivity				
CCK, 1Mbps		-98		dBm
CCK, 11Mbps		-94		dBm
6Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (6.5Mbps, 72.2Mbps)		-71		dBm
<b>Adjacent Channel Rejection</b>				
OFDM, 6Mbps		37		dB
OFDM, 54Mbps		21		dB
HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS9		20		dB

ESP8266 802.11bgn Smart Device



Optional hold functionality can be built into the IO if requested. When the IO is not driven by the internal or external circuitry, the hold functionality can be used to hold the state to the last used state.

The hold functionality introduces some positive feedback into the pad. Hence, the external driver that drives the pad must be stronger than the positive feedback. The required drive strength is however small – in the range of 5uA.

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Input low voltage	$V_{IL}$	0.3	0.25xV <sub>IO</sub>	V
Input high voltage	$V_{IH}$	0.75xV <sub>IO</sub>	3.6	V
Input leakage current	$I_{IL}$		50	nA
Output low voltage	$V_{OL}$		0.1xV <sub>IO</sub>	V
Output high voltage	$V_{OH}$	0.8xV <sub>IO</sub>		V
Input pin capacitance	$C_{in}$		2	pF
VDDIO	$V_{IO}$	1.7	3.6	V
Maximum drive capability	$I_{MAX}$		12	mA
Temperature	$T_{amb}$	-20	100	°C

All digital IO pins are protected from over-voltage with a snap-back circuit connected between the pad and ground. The snap-back voltage is typically about 6V, and the holding voltage is 5.8V. This provides protection from over-voltages and ESD. The output devices are also protected from reversed voltages with diodes.

# ANEXO C: HOJA DE DATOS DEL SENSOR FS200-SHT1



## 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 (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

### Dimensions

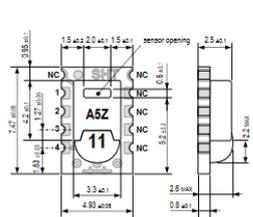


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives '11' for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:VDD, 4:VDD.

### 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, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example 'AS2' 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	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy <sup>2</sup>	typical		±4.5		%RH
SHT10	see Figure 2				
Accuracy <sup>2</sup>	typical		±3.0		%RH
SHT11	see Figure 2				
Accuracy <sup>2</sup>	typical		±2.0		%RH
SHT15	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>	τ (63%)		8		s
Operating Range		0	100		%RH
Long term drift <sup>4</sup>	normal		< 0.5		%RH/yr

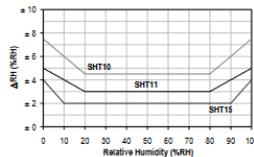


Figure 2: Maximal RH-accuracy at 25°C per sensor type.

### Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
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
		-40	254.9		°F
Response Time <sup>3</sup>	τ (63%)	5	30		s
Long term drift <sup>4</sup>			< 0.04		°C/yr

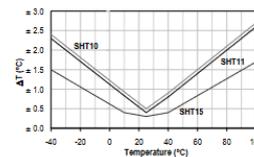


Figure 3: Maximal T-accuracy per sensor type.

### 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		mW
	average		150		µW
Communication			digital 2-wire interface, see Communication		
Storage		10 – 50°C (0 – 125°C peak)	20 – 60%RH		

- The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12bit by command to status register.
- Accuracies are listed at Outputting Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and non-linearity.
- Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

### Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100211-04
	Tape & Reel	100	1-100051-04
SHT11	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	1000	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

- Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.
- Values for VDD=5.5V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.
- Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.



## 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.

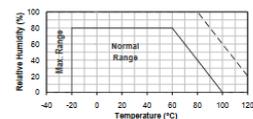


Figure 4: Operating Conditions

#### 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 250°C during up to 40sec including Pb-free assembly in IR/Convection reflow ovens.

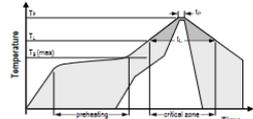


Figure 5: Soldering profile according to JEDEC standard. T<sub>1</sub> < 260°C and t<sub>1</sub> < 40sec for Pb-free assembly. T<sub>2</sub> < 220°C and t<sub>2</sub> < 150sec. Ramp-up/down speeds shall be < 5°C/sec. For soldering in Vapor Phase Reflow (VPR) ovens the peak conditions are limited to T<sub>s</sub> < 233°C during t<sub>s</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> 233°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 or 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.

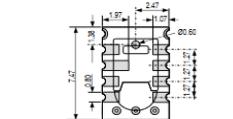


Figure 6: Rear side electrodes of sensor, view from top side.

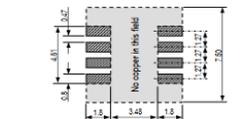


Figure 7: Recommended footprint for SHT1x. Values in mm.

#### 1.3 Storage Conditions and Handling Instructions

It is of great importance to understand that a humidity sensor is not a normal electronic component and needs to be handled with care. Chemical vapors at high concentration in combination with long exposure times may offset the sensor reading.

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).

Capacitor should be placed as close to the sensor as possible. Please see the Application Note 'ESD, Latchup and EMC' for more information.

#### 1.10 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model) at ±2 kV. Latch-up immunity is provided at a force current of ±100mA with T<sub>amb</sub> = 80°C according to JEDEC78A. See Application Note 'ESD, Latchup and EMC' for more information.

## 2 Interface Specifications

Pin	Name	Comment	NC
1	GND	Ground	1
2	DATA	Serial Data, bidirectional	AS2
3	SCK	Serial Clock, input only	3
4	VDD	Source Voltage	4
NC	NC	Must be left unconnected	NC

Table 1: SHT1x pin assignment, NC remain floating.

#### 2.1 Power Pins (VDD, GND)

The supply voltage of SHT1x must be in the range of 2.4 – 5.5V, recommended supply voltage is 3.3V. Power supply pins Supply Voltage (VDD) and Ground (GND) must be decoupled with a 100 nF capacitor – see Figure 10.

The serial interface of the SHT1x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I<sup>2</sup>C protocol, however, the sensor can be connected to an I<sup>2</sup>C bus without interference with other devices connected to the bus. The controller must switch between the protocols.

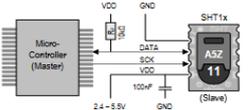


Figure 10: Typical application circuit, including pull up resistor R<sub>u</sub> and decoupling of VDD and GND by a capacitor.

#### 2.2 Serial clock input (SCK)

SCK is used to synchronize the communication between microcontroller and SHT1x. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

#### 2.3 Serial data (DATA)

The DATA bi-state pin is used to transfer data in and out of the sensor. For sending a command to the sensor, DATA is valid on the rising edge of the serial clock (SCK) and must remain stable while SCK is high. After the falling edge of SCK, DATA may be changed. For safe communication DATA valid shall be extended T<sub>su</sub> and T<sub>hd</sub> before the rising and after the falling edge of SCK, respectively – see Figure 11. For reading data from the sensor, DATA is valid T<sub>v</sub> after SCK has gone low and remains valid until the next falling edge of SCK.

To avoid signal contention the microcontroller must only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10kΩ) is required to pull the signal high – it should be noted that pull-up resistors may be included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 2 for detailed I/O characteristics of the sensor.

#### 2.4 Electrical Characteristics

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level, input and output voltages depend on the supply voltage. Table 2 gives electrical characteristics of SHT1x with the assumption of 5V supply voltage if not stated otherwise. For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 3 and Figure 11.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC <sup>1</sup>	2.4	3.3	5.5	V	
Supply current	measuring		0.55	1	mA
	average <sup>11</sup>		2	28	µA
	sleep		0.3	1.5	µA
Low level output voltage	I <sub>OL</sub> < 4 mA	0	250	mV	
High level output voltage	R <sub>s</sub> < 25 kΩ	90%	100%	VDD	
Low level input voltage	Negative going	0%	20%	VDD	
High level input voltage	Positive going	80%	100%	VDD	
Input current on pads			1	µA	
Output current	on		4	mA	
	Tri-stated (off)		10	20	µA

Table 2: SHT1x DC characteristics. R<sub>s</sub> stands for pull up resistor, while I<sub>OL</sub> is low level output current.

<sup>11</sup> Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration.  
<sup>12</sup> Minimum value with one measurement of 8 bit accuracy without OTP readout per second, typical value with one measurement of 12bit accuracy per second.



# ANEXO E: HOJA DE DATOS DEL MONSTER MOTO SHIELD

VNH2SP30-E

Block diagram and pin description

## 1 Block diagram and pin description

Figure 1. Block diagram

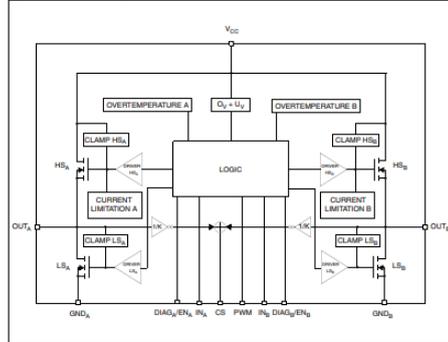


Table 2. Block description

Name	Description
Logic control	Allows the turn-on and the turn-off of the high side and the low side switches according to the truth table
Overvoltage + undervoltage	Shuts down the device outside the range [5.5V..16V] for the battery voltage
High side and low side clamp voltage	Protects the high side and the low side switches from the high voltage on the battery line in all configurations for the motor
High side and low side driver	Drives the gate of the concerned switch to allow a proper $R_{DS(on)}$ for the leg of the bridge
Linear current limiter	Limits the motor current by reducing the high side switch gate-source voltage when short-circuit to ground occurs
Overtemperature protection	In case of short-circuit with the increase of the junction's temperature, shuts down the concerned high side to prevent its degradation and to protect the die
Fault detection	Signals an abnormal behavior of the switches in the half-bridge A or B by pulling low the concerned EN <sub>A</sub> /DIAG <sub>A</sub> pin



5/33

Block diagram and pin description

VNH2SP30-E

Figure 2. Configuration diagram (top view)

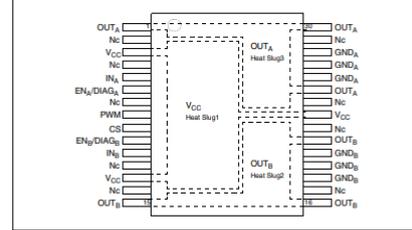


Table 3. Pin definitions and functions

Pin No	Symbol	Function
1, 25, 30	OUT <sub>A</sub> , Heat Slug <sup>1</sup>	Source of high side switch A / Drain of low side switch A
2, 4, 7, 12, 14, 17, 22, 24, 29	NC	Not connected
3, 13, 23	V <sub>CC</sub> , Heat Slug <sup>1</sup>	Drain of high side switches and power supply voltage
6	EN <sub>A</sub> /DIAG <sub>A</sub>	Status of high side and low side switches A; open drain output
5	IN <sub>A</sub>	Clockwise input
8	PWM	PWM input
9	CS	Output of current sense
11	IN <sub>B</sub>	Counter clockwise input
10	EN <sub>B</sub> /DIAG <sub>B</sub>	Status of high side and low side switches B; open drain output
15, 16, 21	OUT <sub>B</sub> , Heat Slug <sup>2</sup>	Source of high side switch B / Drain of low side switch B
26, 27, 28	GND <sub>A</sub>	Source of low side switch A <sup>1)</sup>
18, 19, 20	GND <sub>B</sub>	Source of low side switch B <sup>1)</sup>

1. GND<sub>A</sub> and GND<sub>B</sub> must be externally connected together.

6/33

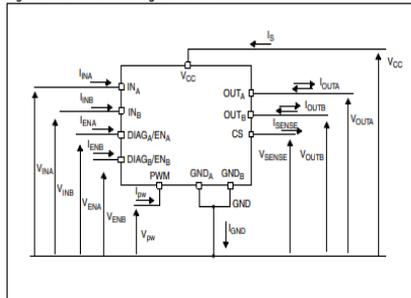


Electrical specifications

VNH2SP30-E

## 2 Electrical specifications

Figure 3. Current and voltage conventions



### 2.1 Absolute maximum ratings

Table 5. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>CC</sub>	Supply voltage	+41	V
I <sub>max</sub>	Maximum output current (continuous)	30	A
I <sub>r</sub>	Reverse output current (continuous)	-30	A
I <sub>IN</sub>	Input current (IN <sub>A</sub> and IN <sub>B</sub> pins)	±10	mA
I <sub>EN</sub>	Enable input current (DIAG <sub>A</sub> /EN <sub>A</sub> and DIAG <sub>B</sub> /EN <sub>B</sub> pins)	±10	mA
I <sub>PW</sub>	PWM input current	±10	mA
V <sub>CS</sub>	Current sense maximum voltage	-3/-15	V
V <sub>ESD</sub>	Electrostatic discharge (R = 1.5kΩ, C = 100pF)		
	- CS pin	2	kV
	- logic pins	4	kV
	- output pins: OUT <sub>A</sub> , OUT <sub>B</sub> , V <sub>CC</sub>	5	kV
T <sub>J</sub>	Junction operating temperature	Internally limited	
T <sub>C</sub>	Case operating temperature	-40 to 150	°C
T <sub>STG</sub>	Storage temperature	-55 to 150	°C

VNH2SP30-E

Electrical specifications

## 2.2 Electrical characteristics

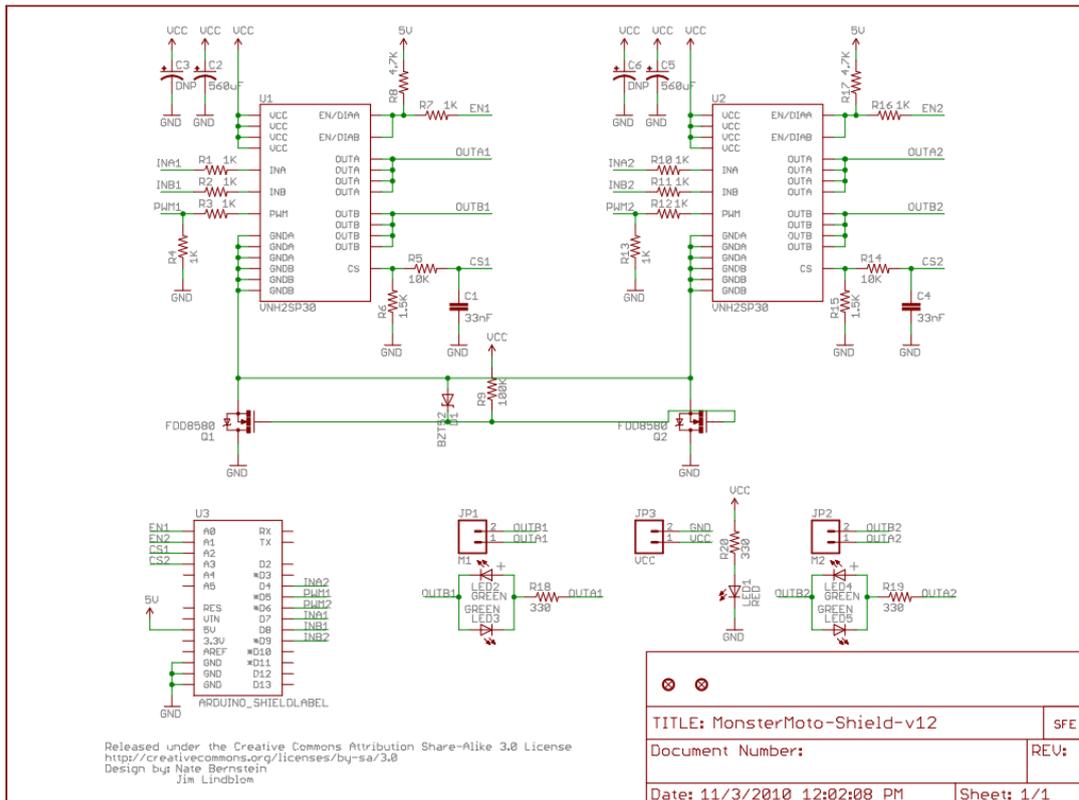
V<sub>CC</sub> = 9V up to 16 V; -40°C < T<sub>J</sub> < 150°C, unless otherwise specified.

Table 6. Power section

Symbol	Parameter	Test conditions	Min	Typ	Max	Unit
V <sub>CC</sub>	Operating supply voltage		5.5		16	V
I <sub>S</sub>	Supply current	Off state with all Fault Cleared & ENx=0 IN <sub>A</sub> = IN <sub>B</sub> = PWM = 0; T <sub>J</sub> = 25°C; V <sub>CC</sub> = 13V	12	30	60	µA
		Off state: IN <sub>A</sub> = IN <sub>B</sub> = PWM = 0	2			mA
R <sub>ONHS</sub>	Static high side resistance	I <sub>OUT</sub> = 15A; T <sub>J</sub> = 25°C			14	mΩ
		I <sub>OUT</sub> = 15A; T <sub>J</sub> = -40 to 150°C			28	mΩ
R <sub>ONLS</sub>	Static low side resistance	I <sub>OUT</sub> = 15A; T <sub>J</sub> = 25°C			5	mΩ
		I <sub>OUT</sub> = 15A; T <sub>J</sub> = -40 to 150°C			10	mΩ
V <sub>I</sub>	High side free-wheeling diode forward voltage	I <sub>I</sub> = 15A	0.8	1.1		V
I <sub>Loff</sub>	High side off state output current (per channel)	T <sub>J</sub> = 25°C; V <sub>OUTX</sub> = EN <sub>X</sub> = 0V; V <sub>CC</sub> = 13V			3	µA
		T <sub>J</sub> = 125°C; V <sub>OUTX</sub> = EN <sub>X</sub> = 0V; V <sub>CC</sub> = 13V			5	µA
I <sub>DM</sub>	Dynamic cross-conduction current	I <sub>OUT</sub> = 15A (see Figure 7)	0.7			A

Table 7. Logic inputs (IN<sub>A</sub>, IN<sub>B</sub>, EN<sub>A</sub>, EN<sub>B</sub>)

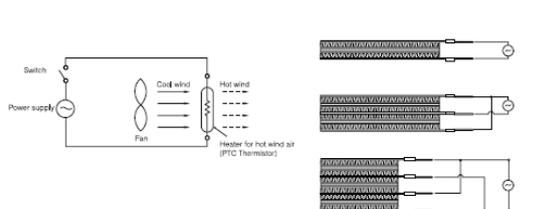
Symbol	Parameter	Test conditions	Min	Typ	Max	Unit
V <sub>IL</sub>	Input low level voltage				1.25	V
V <sub>IH</sub>	Input high level voltage	Normal operation (DIAG <sub>X</sub> /EN <sub>X</sub> pin acts as an input pin)	3.25			V
V <sub>HYST</sub>	Input hysteresis voltage		0.5			V
V <sub>ICL</sub>	Input clamp voltage	I <sub>IN</sub> = 1mA	5.5	6.3	7.5	
		I <sub>IN</sub> = -1mA	-1.0	-0.7	-0.3	
I <sub>NL</sub>	Input low current	V <sub>IN</sub> = 1.25V	1			µA
I <sub>NH</sub>	Input high current	V <sub>IN</sub> = 3.25V			10	µA
V <sub>DIAG</sub>	Enable output low level voltage	Fault operation (DIAG <sub>X</sub> /EN <sub>X</sub> pin acts as an output pin); I <sub>EN</sub> = 1mA			0.4	V



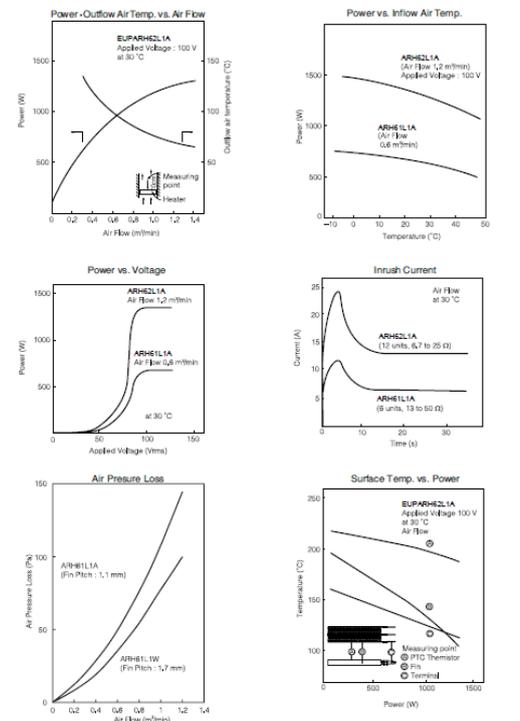
## ANEXO F: HOJA DE DATOS DE CALEFACTOR PTC

■ Performance Characteristics (PTC Heaters for Hot Air Wind)		
Characteristics	Test Methods	Specifications
Rated Power	Power consumption in condition of thermal equilibrium after applying the rated voltage at 30±1°C by using the ventilation equipment indicated in individual specification. (With the specified air flow per elemental unit of 0.1 m <sup>3</sup> /min. or 0.095 m <sup>3</sup> /min.)	Within the specified values
Resistance (R <sub>25</sub> )	Resistance between terminals shall be measured at less than 1.5 VDC and 25±1 °C.	
Inrush Current	Maximum Inrush Current shall be measured after applying the rated voltage at 25±5°C without air flow.	
Environmental		
Characteristics	Test Methods	Specifications
Continuous Loading Test Without Air Flow	Applying the 115 % of rated voltage at room temperature and humidity without air flow for 200 hours.	
Continuous Loading Test With Air Flow	Applying the 115 % of rated voltage at room temperature and humidity with air flow for the rated power consumption for 2000 hours.	Change in power consumption: +10 % max. ΔR <sub>25</sub> /R <sub>25</sub> +30, -10 % max.
ON-OFF Loading Life With Air flow	Applying the 115 % of rated voltage at room temperature and humidity with air flow for the rated power consumption for 10000 cycles at intervals of 1 minute "ON" and 1 minute "OFF".	
Temperature Cycle	Applying no load and set 20 cycles of 1 hour at -20 °C and 1 hour at 120 °C.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Operating Ambient Temperature Range: -10 to +85 °C</li> <li>● Storage Temperature Range: -20 to +125 °C</li> </ul>		

### ■ Application Example



### ■ Typical Characteristics (PTC Heaters)





**Highlight Features**

1. With insulator on surface, it is safe to use with high reliability.
2. Heat up quickly, long service life. With mounting holes, it is easy to install.
3. Top quality heat-resistant silicone wires are used as heater's leading wire, heat-resistance is higher than 392.0°F.
4. Red wire for "+" and black wire for "-".
5. Energy saving system, when the heater increases the environmental temperature, the power will reduce gradually within certain ranges.
6. Applicable for heater, humidifier, air conditioning and other commonly used appliances.

**Supplementary explanation**

When bare wire extend from the heater, the positive and negative electrode are not distinguished. Please input the rated voltage and the sufficient current. When bare wire extend from the fan, the red is positive electrode and the black is negative electrode. Please input the rated voltage and the sufficient current.

**Specification**

Condition: 100% Brand New

Rated Voltage: 12V

Rated Power: 100W

Mounting Hole Distance: Approx. 87mm / 3.4inch

Mounting Hole Size: Approx. 4mm / 0.2inch

Product Size: Approx. 6 \* 6 \* 4.2cm / 2.4 \* 2.4 \* 1.7inch



**Size**

Mounting Hole Distance: Approx. 87mm / 3.4inch

Mounting Hole Size: Approx. 4mm / 0.2inch

Product Size: Approx. 6 \* 6 \* 4.2cm / 2.4 \* 2.4 \* 1.7inch

**Energy Saving System**

With insulator on surface, it is safe to use with high reliability.

Top quality heat-resistant silicone wires are used as heater's leading wire, heat-resistance is higher than 392.0°F.

## ANEXO G: HOJA DE DATOS DEL VENTILADOR AXIAL WATHAI

**1 General**

Fan type	Fan
Rotating direction looking at rotor	Counterclockwise
Airflow direction	Air outlet over struts
Bearing system	Sleeve bearing
Mounting position - shaft	Any

**2 Mechanics**

**2.1 General**

Width	40.0 mm
Height	40.0 mm
Depth	10.0 mm
Mass	0.017 kg
Housing material	Plastic
Impeller material	Plastic
Max. torque when mounted across both mounting flanges	Wire outlet corner: 50 Ncm Remaining corners: 70 Ncm
Screw size	ISO 4762 - M3 degreased, without an additional brace and without washer

**2.2 Connections**

Electrical connection	Wires
Lead wire length	L = 310 mm +/- 10.0 mm
Tolerance	



Wire	Color	Operation	Wire size	Insulation diameter
1	red	+ UB	AWG 28	1,35 mm
2	blue	- GND	AWG 28	1,35 mm

**3 Operating Data**

**3.1 Electrical Operating Data**

Measurement conditions: Normal air density = 1.2 kg/m<sup>3</sup>; Temperature 23°C +/- 3°C; Motor axis horizontal; warm-up time before measuring 5 minutes (unless otherwise specified). In the intake and outlet area should not be any solid obstruction within 0,5 m.

Δp = 0: corresp. to free air flow (see chapter aerodynamics)  
I: corresp. to arithm. mean current value

Features	Condition	Symbol	Values		
Voltage range		U	10 V		14,0 V
Nominal voltage		U <sub>N</sub>		12,0 V	
Power consumption	Δp = 0		0,5 W	0,7 W	0,9 W
Tolerance	0010	P	+/- 17,5 %	+/- 12,5 %	+/- 17,5 %
Current consumption	Δp = 0		50 mA	60 mA	65 mA
Tolerance	0010	I	+/- 17,5 %	+/- 12,5 %	+/- 17,5 %
Speed	Δp = 0		4,250 1/min	5,400 1/min	6,450 1/min
Tolerance	0010	n	+/- 15,0 %	+/- 10,0 %	+/- 15,0 %
Starting current consumption				109 mA	

### 3.4 Sound Data

Measurement conditions: Sound pressure level: 1 meter distance between microphone and the air intake.  
 Sound power level: Acc. to DIN 45635 part 38 (ISO 10302)  
 Measured in a semianchoic chamber with a background noise level of Lp(A) < 5 dB(A)  
 For further measurement conditions see chapter aerodynamics.

a.) Operation condition:

5,400 1/min at free air flow	
Optimal operating point	9,0 m3/h @ 0 Pa
Sound power level at the optimal operating point	4,2 bel(A)
Sound pressure level at free air flow, measured in rubber bands	22,0 dB(A)

### 4 Environment

#### 4.1 General

Min. permitted ambient temperature TU min.	-20 °C
Max. permitted ambient temperature TU max.	70 °C
Min. permitted storage temperature TL min.	-40 °C
Max. permitted storage temperature TL max.	80 °C

#### 4.2 Climatic Requirements

Humidity requirements	humid heat, constant; according to DIN EN 60068-2-78, 14 days
Water exposure	None
Dust requirements	None
Salt fog requirements	None

Permitted application area:  
 The product is intended for use in sheltered rooms with controlled temperature and controlled humidity. Directly exposure to water must be avoided.

Pollution degree 1 (according DIN EN 60664-1)  
 There is either no pollution or it occurs only dry, non-conductive pollution. The pollution has no negative impact.

Please require severity levels and specification parameters from the responsible development departments.

## ANEXO H: HOJA DE DATOS DE LA PANTALLA NEXTIO NX8048P070-011C-Y

### Overview

Nextio is a Human Machine Interface (HMI) solution combining an onboard processor and memory touch display with Nextio Editor software for HMI GUI project development. Using the NEXTIO 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. Nextio HMI display connects to peripheral MCU via TTL Serial (5V, TX, RX, GND) to provide event notifications that peripheral MCU can act on, the peripheral MCU can easily update progress and status back to Nextio 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: Nextio NX 8048P070-011C-Y HMI Display\*1, XH2.54 4P wire\*1, power supply test board\*1.

Go Shopping: [NX8048P070-011C-Y \(IM190402002\)](#)

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 Nextio 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 Nextio model.  
 A small connector is included in the package. Please try to power Nextio with your phone charger through the connector to check if Nextio works well.  
 A high quality usb cable is required.



#### Nextio Models

Nextio Type	Intelligent Series
Nextio Models	NX8048P070-011C-Y (7.0 inch capacitive touchscreen with enclosure)

#### Specifications

	Data	Description
Color	65K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	218.1mm(L)×150mm(W)×22.5mm(H)	NX8048P070-011C-Y
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	
Touches	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	300nit	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	470g	

### 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	V <sub>in</sub>	V
Output Low Voltage(TXD)	IOL=-1mA		0.1	0.2	V
Input High Voltage(RXD)		3.0	5.0	V <sub>in</sub>	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 *.tft 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)				

V<sub>in</sub>: the input voltage of power supply

### Memory Features

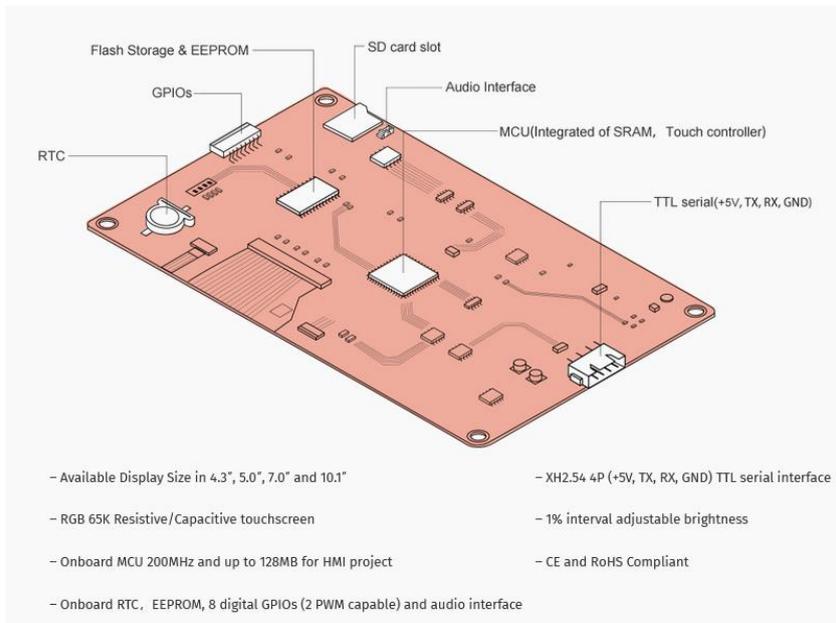
Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images			120	MB
User Storage	EEPROM			1024	BYTE
RAM Memory	Store variables			512	KB
Instruction Buffer	Instruction Buffer			4096	BYTE

### Electronic Characteristics

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	6.5	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	-	530	750	mA
	SLEEP Mode	-	170	-	mA
Power supply recommend: <b>5V, 1.0A, DC</b>					

### 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



## ANEXO I: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BATERIA BLESS POWER LP12-12

Specifications	
Rated Voltage	12
Nominal Capacity	12.0Ah (C <sub>20</sub> , 1.75V/cell)
Dimensions	Length 151 mm Width 98 mm Container Height 95 mm Total Height 101 mm
Approx. Weight	3.24 Kg (7.14 lbs)
Terminal	T2
Layout	3
Container material	ABS
Rated Capacity (25°C)	12.0 Ah (20hr, 0.600A, 1.75V/cell) 11.2 Ah (10hr, 1.12A, 1.75V/cell) 10.2 Ah (5hr, 2.04A, 1.75V/cell) 9.00 Ah (3hr, 3.00A, 1.75V/cell) 7.20 Ah (1hr, 7.20A, 1.60V/cell)
Max. Discharge Current	180A (5s)
Internal Resistance (25°C)	Approx 19mΩ
Operating Temp. Range	Discharge: -15°C ~50°C (5~122°F) Charge: 0°C ~40°C (32~104°F) Storage: -15°C ~40°C (5~104°F)
Nominal Operating Temp. Range	25±3°C (77±5°F)
Cycle Use	Initial Charging Current less than 3.6A. Voltage 14.4V~15.0V at 25°C (77°F)Temp. Coefficient -30mV/°C
Standby Use	Initial Charging Current less than 3.6A. Voltage 13.5V~13.8V at 25°C (77°F)Temp. Coefficient -20mV/°C
Effect Of Temp. To Capacity	25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86%
Self Discharge	LP series batteries may be stored for up to 6 months at 25°C (77°F) and then a freshening charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.



### Description and Features

The LP Series AGM batteries have been specially developed to be widely applicable. These lead acid batteries with AGM technology are completely sealed and therefore 100% maintenance free and leak-proof. These batteries have a low self-discharge. The reliable and safe multipurpose batteries from the LP Series offer a long service life and can be used in various industries.

### Features

- Absorbent Glass Mat technology
- Reliable and safe performance
- Long service life - 3-5 years in standby application (at 25°C)
- Suitable for multipurpose applications

Layout	Terminal	UL certification

Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)																
F.V/Time	5 Min	10 Min	15 Min	20 Min	30 Min	45 Min	1 Hr	1.5 Hr	2 Hr	3 Hr	4 Hr	5 Hr	6 Hr	8 Hr	10 Hr	20 Hr
1.85V/cell	30.6	22.7	18.1	14.8	11.0	8.07	6.59	4.81	3.82	2.91	2.34	1.99	1.70	1.34	1.09	0.587
1.80V/cell	33.2	23.9	18.8	15.2	11.3	8.23	6.72	4.90	3.88	2.95	2.37	2.01	1.72	1.35	1.10	0.594
1.75V/cell	35.9	25.1	19.5	15.7	11.5	8.39	6.84	4.98	3.94	3.00	2.40	2.04	1.74	1.37	1.12	0.600
1.70V/cell	38.6	26.2	20.2	16.2	11.8	8.55	6.96	5.06	4.01	3.04	2.43	2.07	1.77	1.39	1.13	0.606
1.67V/cell	40.2	26.9	20.6	16.4	12.0	8.65	7.03	5.11	4.04	3.07	2.45	2.08	1.78	1.40	1.14	0.609
1.60V/cell	43.7	28.6	21.6	17.1	12.3	8.88	7.20	5.22	4.12	3.13	2.50	2.12	1.81	1.42	1.16	0.618

Constant Power Discharge Characteristics: Wpc (25°C)																
F.V/Time	5 Min	10 Min	15 Min	20 Min	30 Min	45 Min	1 Hr	1.5 Hr	2 Hr	3 Hr	4 Hr	5 Hr	6 Hr	8 Hr	10 Hr	20 Hr
1.85V/cell	58.2	43.5	34.8	28.4	21.2	15.7	12.8	9.40	7.49	5.72	4.60	3.92	3.36	2.65	2.17	1.17
1.80V/cell	62.7	45.4	36.0	29.2	21.7	15.9	13.0	9.53	7.58	5.79	4.66	3.97	3.40	2.68	2.19	1.19
1.75V/cell	67.3	47.4	37.1	29.9	22.1	16.2	13.2	9.66	7.68	5.87	4.72	4.02	3.44	2.71	2.22	1.20
1.70V/cell	71.8	49.3	38.2	30.7	22.5	16.4	13.4	9.79	7.78	5.94	4.77	4.06	3.48	2.74	2.24	1.21
1.67V/cell	74.6	50.5	38.9	31.1	22.8	16.6	13.5	9.87	7.84	5.98	4.80	4.09	3.50	2.76	2.26	1.22
1.60V/cell	80.4	53.1	40.4	32.1	23.3	16.9	13.8	10.0	7.97	6.08	4.88	4.15	3.56	2.80	2.29	1.24

#### Discharge Characteristics

#### Float Charging Characteristics

#### Temperature Effects In Relation To Battery Capacity

#### Float Service Life

#### Applications

- All purpose
- Uninterruptable Power Supply (UPS)
- Electric Power System (EPS)
- Emergency backup power supply
- Alarm and security system
- Communication power supply
- DC power supply
- Auto control system

#### General Features

- 5 years design life(25°C)
- Special exhaust structure and sealing technology, safe and reliable, flexible installation, convenient maintenance
- PbCaSn alloy for plate grids: less gassing, less self-discharging
- High quality AGM separator: extend cycle life and prevent micro short circuit
- High purity raw material: ensure low self discharge rate

#### Standards

- Compliance with IEC 60896 standards, EU Battery Directive
- UL, CE Certified
- IATF16949, ISO45001,ISO 9001 and ISO 14001 certified production facilities

(Note) All above information shall be changed without prior notice, Landport Batteries reserves the right to explain and update the latest information.

## ANEXO J: CREACIÓN DE BASE DE DATOS EN FIRABASE

```

https://germinador-33f35-default-rtdb.firebaseio.com
↓
BASE
├── INFORMACION
├── MODO_ACCESO_TECNICO
└── MODO_ACCESO_USUARIO
  
```

## ANEXO K: CÓDIGO EN ARDUINO IDE 2.0.3 DEL ARDUINO MEGA 2560 PRO

```
1 #include <Sensirion.h>
2 #include <BH1750.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <EEPROM.h>
5 #include <Separador.h>
6
7 String user[10];
8 String admin[10];
9 int vcu = 0;
10 int vca = 0;
11 int valor = 0;
12
13 String pass;
14 bool BROCIO = false;
15 bool VFRIIO = false;
16 bool BSUCCION = false;
17 bool LUCES = false;
18 bool VCALOR = false;
19 bool CALEFACTOR = false;
20 bool ADMINISTRADOR = false;
21 bool USUARIO = false;
22 bool GERMI = false;
23 bool llenar1 = false;
24 bool riel = false;
25
26 BH1750 lightMeter;
27 // PWM REGULACION
28 const int MOTOR_1 = 0;
29 const int MOTOR_2 = 1;
30 const int BRAKE = 0;
31 const int CW = 1;
32 const int CCW = 2;
33
34 //const int MOTOR_A1_PIN = 7;
35 //const int MOTOR_B1_PIN = 8;
36 const int PWM_MOTOR_1 = 6;
37 //const int EN_PIN_1 = A4;
38
39
40
41
42
43 //const int MOTOR_A1_PIN = 7;
44 //const int MOTOR_B1_PIN = 8;
45 const int PWM_MOTOR_1 = 6;
46 //const int EN_PIN_1 = A4;
47
48 //const int MOTOR_A2_PIN = 4;
49 //const int MOTOR_B2_PIN = 9;
50 const int PWM_MOTOR_2 = 8;
51 //const int EN_PIN_2 = A5;
52
53 String lectura;
54 String lectura2;
55 String lectura3;
56 int valorPWM = 0;
57 int PWM = 0;
58 int valorPWM2 = 0;
59 int PWM2 = 0;
60
61 // SENSOR TEMPERATURA
62 const uint8_t dataPin = 10;
63 const uint8_t clockPin = 12;
64 float temperature;
65 float humidity;
66 float dewpoint;
67
68 //ALFALFA
69 int temperaturaV = 22;
70 int luminosidadV = 10;
71 int riegoT = 8;
72 int germinadoT = 6;
73 //LENTEJA
74 int temperaturaV2 = 22;
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84 int SATEMP = 0;
85 int SALUM = 0;
86 int SARIE = 0;
87 int SAGER = 0;
88
89 //SENSORES DE NIVEL
90 const int sensorPin = A0;
91 int sensorValue1;
92 const int sensorPin1 = A1;
93 int sensorValue2;
94 const int sensorPin2 = A2;
95 int sensorValue3;
96 const int sensorPin3 = A3;
97 int sensorValue4;
98 const int sensorPin4 = A4;
99 int sensorValue5;
100 bool nivel1 = false;
101 bool nivel2 = false;
102 bool nivel3 = false;
103 bool nivel4 = false;
104 String bande = "BAJO";
105 String tanque = "VACIO";
106 //Valores a enviar
107 String valores;
108 Sensirion tempSensor = Sensirion(dataPin, clockPin);
109 // CALEFACTOR
110 const int VALVE1 = 42;
111 const int VALVE2 = 44;
112 const int VALVE = 45;
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126 //CLAVES
127 int ps[10];
128 int ps2[10];
129 int v1 = 12;
130 int v2 = 62;
131 int movimiento = 13;
132 int ds = 13;
133 int movimiento2 = 63;
134 int ds2 = 63;
135 String clavesC = "U6/aes1/aes2/aes3/aes4/aes5/aes6/aes7/aes8/aes9/ae10";
136 String clavesC2 = "W8/Aes1/Aes2/Aes3/Aes4/Aes5/Aes6/Aes7/Aes8/Aes9/Ae10";
137 int ini = 0;
138 int in2 = 0;
139
140 unsigned long previousMillis = 0;
141 const long interval = 2000;
142 unsigned long previousMillis2 = 0;
143 const long interval2 = 5000;
144
145 int segundos = 0;
146 int segundos2 = 0;
147 int segundos3 = 0;
148 int minutos = 10; //modificar
149 int minutos2 = 0;
150 int minutos3 = 0;
```

```

150 int minutos3 = 0;
151 int horas2 = 0;
152 int horas3 = 0;
153 int horas = 3;//modificar
154 int días = 1;//modificar
155
156 bool PORTADA = true;
157 // GERMINADOR ACTIVADO
158 bool userini = false;
159 bool GERMINADOR = false;
160 String semilla = "ALFALFA";
161 bool PRIMER = false;
162 // Fuction write eeprom
163 String timepass;
164 String SemillaE = "ALFALFA";
165 int riegos = 2;//modificar
166 int remojos = 0;
167
168 bool por = false;
169 bool use = false;
170 bool adm = false;
171 bool sebas = false;
172 float ll;
173 float volt;
174 int ccc = 0;
175 int pbate = 0;
176 bool activado = false;
177
178 int lux = 0;
179
180 void writeStringToEEPROM(int addrOffset, const String &strToWrite) {
181   byte len = strToWrite.length();
182   Serial.println("Tamaño: " + String(len));
183   EEPROM.write(addrOffset, len);
184   for (int i = 0; i < len; i++) {
185     EEPROM.write(addrOffset + 1 + i, strToWrite[i]);
186   }
187 }
188
189 // Fuction read eeprom
190 String readStringFromEEPROM(int addrOffset) {
191   int newStrLen = EEPROM.read(addrOffset);
192   char data[newStrLen + 1];
193   for (int i = 0; i < newStrLen; i++) {
194     data[i] = EEPROM.read(addrOffset + 1 + i);
195     //Serial.println("valor: " + String(i) + String(data[i]));
196   }
197   data[newStrLen] = '\0';
198   return String(data);
199 }
200
201
202
203 void setup() {
204
205   pinMode(A8, INPUT);
206
207   pinMode(VALUE1, OUTPUT);
208   pinMode(VALUE2, OUTPUT);
209   pinMode(PWM_MOTOR_1, OUTPUT);
210   pinMode(PWM_MOTOR_2, OUTPUT);
211   pinMode(BOMBA1, OUTPUT);
212   pinMode(BOMBA2, OUTPUT);
213   pinMode(CALE, OUTPUT);
214   pinMode(VCALE, OUTPUT);
215
216   digitalWrite(VALUE1, HIGH);
217   digitalWrite(VALUE2, HIGH);
218   digitalWrite(CALE, HIGH);
219   digitalWrite(VCALE, HIGH);
220   digitalWrite(BOMBA1, LOW);
221   digitalWrite(BOMBA2, LOW);
222
223
224
225 Serial.begin(9600);
226 Serial.setTimeout(100);
227 Serial1.begin(9600);
228 Serial1.setTimeout(100);
229 Serial2.begin(9600);
230 Serial2.setTimeout(100);
231 Serial.println("PROGRAMA INICIANDO");
232 Wire.begin();
233 dht.begin();
234 Serial.println("WIRE sensores");
235 //lightMeter.begin();
236 Serial.println(F("BH1750 Test begin"));
237 //lectura = "SA";
238 //lectura = "SU";
239 Serial1.print("\xFF\xFF\xFF");
240 Serial1.print("rest");
241 Serial1.print("\xFF\xFF\xFF");
242 Serial.println("SENSORES");
243
244 //setvalores();//Colca los valores de setpoint todas las semillas
245
246 inicio(); //Carga valores setpoint de memoria
247
248 ini = EEPROM.read(v1);
249 in2 = EEPROM.read(v2);
250
251 startp(ini, in2);
252 cantArray = ini;
253 cantArray2 = in2;
254 Serial.println("Número claves usuario: " + String(cantArray));
255 Serial.println("Número claves admin " + String(cantArray2));
256 Serial.println("BIEN");
257 }
258
259
260 void loop() {
261
262   //tempSensor.measure(&temperature, &humidity, &deupoint);
263   int humidity = dht.readHumidity(); //Leemos la Humedad
264   float temperature = dht.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados Celsius
265   float f = dht.readTemperature(true); //Leemos la temperatura en grados Fahrenheit
266   //int lux = lightMeter.readLightLevel();
267
268
269   if (Serial.available() > 0) {
270     lectura = Serial.readStringUntil('\n');
271     //lectura.trim();
272     Serial.println("VALOR : " + lectura);
273
274     // U6/aes1/aes2/aes3/aes4/aes5/aes6/aes7/aes8/aes9/aes10
275     // W8/Aes1/Aes2/Aes3/Aes4/Aes5/Aes6/Aes7/Aes8/Aes9/Aes10
276
277     if (lectura.substring(0, 1) == "U") //Sobreescribir claves usuario
278     {
279       separar5(lectura);
280       saveuser(user, vcu, movimiento);
281       Serial.println("guardando usuarios");
282     }
283
284     if (lectura.substring(0, 1) == "W") //Sobreescribir claves administrador
285     {
286       separar4(lectura);
287       saveadmin(admin, vca, movimiento2);
288       Serial.println("Guardando administradores");
289     }
290   }
291 }

```

## ANEXO L: CÓDIGO EN ARDUINO IDE 2.0.3 DEL ESP8266

```
1  #include <Arduino.h>
2  #include <ESP8266WebServer.h>
3  #include <ESP8266HTTPClient.h>
4  #include <WiFiClientSecureBearSSL.h>
5  #include "SoftwareSerial.h"
6
7  #include <Separador.h>
8
9  Separador s;
10
11
12  SoftwareSerial mySerial(D6, D5); // RX, TX
13
14  #if defined(ESP32)
15  #include <WiFi.h>
16  #include <FirebaseESP32.h>
17  #elif defined(ESP8266)
18  #include <ESP8266WiFi.h>
19  #include <FirebaseESP8266.h>
20  #endif
21
22  #include <ESP8266mDNS.h>
23  #include <WiFiUdp.h>
24  #include <ArduinoOTA.h>
25
26  // Provide the RTDB payload printing info and other helper functions.
27  #include <addons/RTDBHelper.h>
28
29  /* 1. Define the WiFi credentials */
30  #define WIFI_SSID "Familia-Moyon"
31  #define WIFI_PASSWORD "0604211243MAMA"
32  /* 2. Define the RTDB URL */
33  #define DATABASE_URL "germinador-33f35-default-rtdb.firebaseio.com" //<databaseName>.firebaseio.com or <databaseName>.<region>.firebaseio.com
34
35  /* 3. Define the Firebase Data object */
36  FirebaseData fbdo;
37  FirebaseData stream;
38
39  /* 4. Define the FirebaseAuth data for authentication data */
40  FirebaseAuth auth;
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

```

79 String set_Luminosidad = "50", set_t_Germinado = "5", set_t_Riego = "7", set_Temperatura = "29";
80
81 String v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11, v12;
82
83
84 boolean batLOW1, batHIGH1, germinadoFIN;
85
86 String broteTitulo = "";
87
88 String screen;
89
90 void streamCallback(MultiPathStreamData stream)
91 {
92     size_t numChild = sizeof(childPath) / sizeof(childPath[0]);
93
94     Serial.println("numchild: " + String(numChild));
95
96     for (size_t i = 0; i < numChild; i++)
97     {
98
99         if (stream.get(childPath[i]))
100        {
101
102            if (stream.dataPath.equals("/INFORMACION")) {
103
104                if (stream.type.equals("json"))
105                {
106                    boolean existeID = false;
107
108                    FirebaseJson json = stream.value;
109
110                    size_t len = json.iteratorBegin();
111                    FirebaseJson::IteratorValue value;

```

## ANEXO M: PROGRAMACIÓN EL DESARROLLO DE LA APP MÓVIL DEL GERMINADOR PRO

```

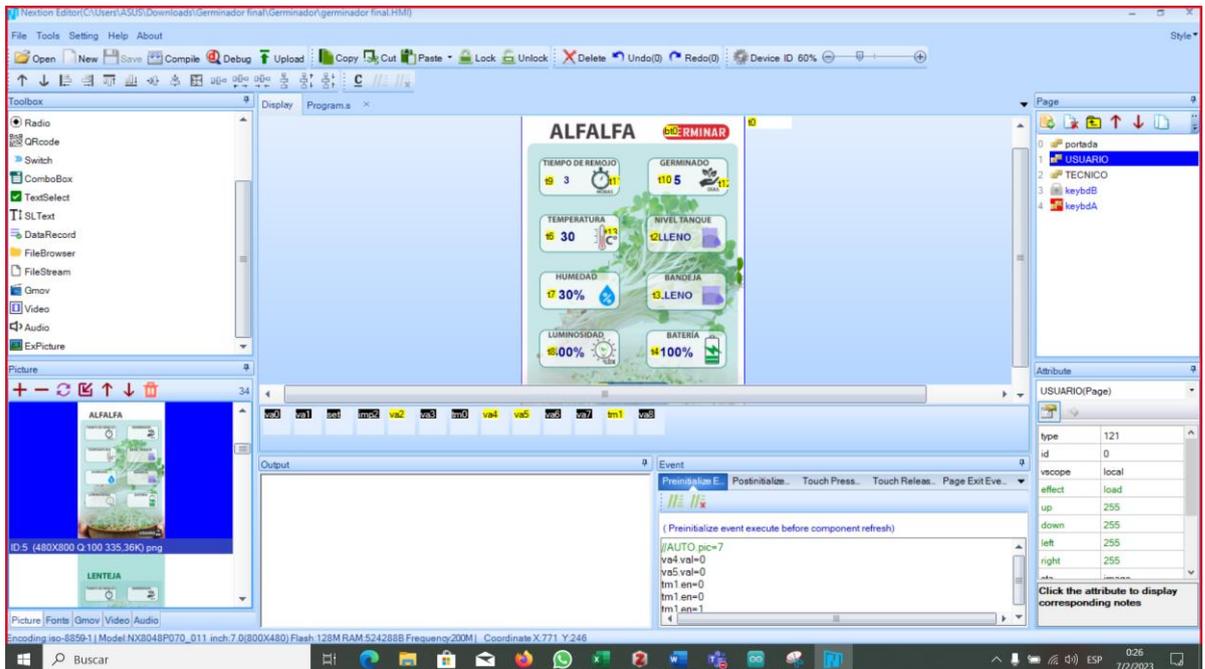
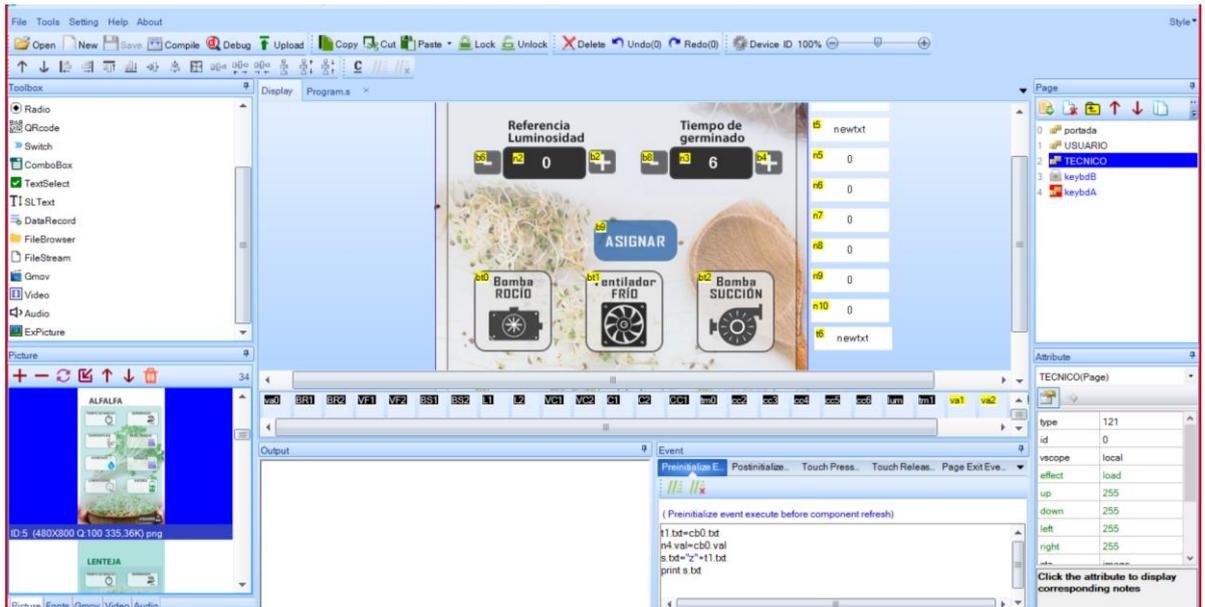
1 package com.smart.germinadorapp;
2
3 import ...
4
24
25 public class broteTecnico extends AppCompatActivity {
26
27     private boolean estadoRocio, estadoFrio, estadoSuccion, estadoLuces, estadoCalor, estadoCalefactor;
28     private int temperatura, tiempoRiego, tiempoGerminado, luminosidad;
29     private Button btnAsignar, btnVolver;
30     private ImageButton btnRocio, btnFrio, btnSuccion, btnLuces, btnCalor, btnCalefactor;
31     private TextView minTemperatura, maxTemperatura, minRiego, maxRiego, minLuminosidad, maxLuminosidad, minGerminado, maxGerminado;
32     private RelativeLayout fondoRelative;
33     private MediaPlayer mp;
34
35     private DatabaseReference FBMODEO_ACCESO_TECNICO;
36     private DatabaseReference baseusuarios;
37
38     private Toast mToast;
39
40
41     @Override
42     protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
43         super.onCreate(savedInstanceState);
44         setContentView(R.layout.activity_brote_tecnico);
45
46         getWindow().setFlags(WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN, WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN);
47
48         fondoRelative = findViewById(R.id.relativeBrote);
49         baseusuarios = FirebaseDatabase.getInstance().getReference();
50
51

```

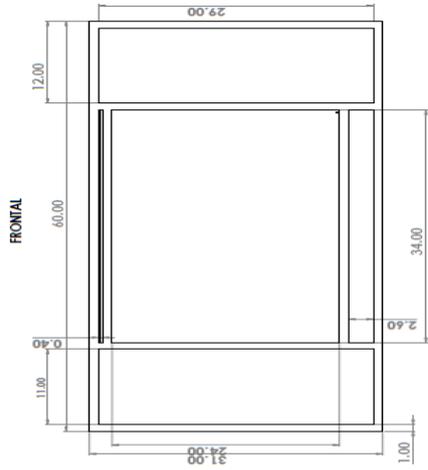
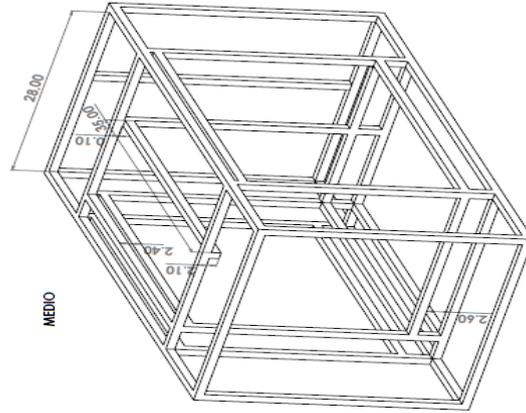
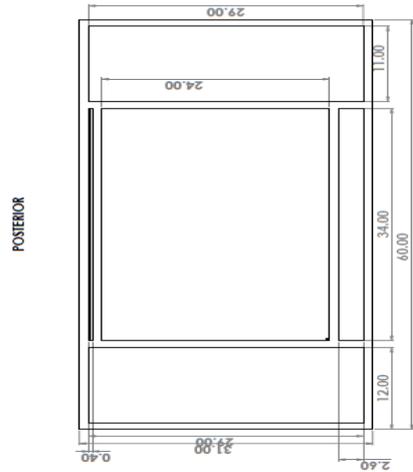
```
broteTecnico.java x elegirSemilla.java x broteSeleccionado.java x MiAdaptador.java x miModelo.java x model_usuario.java x operador.java x
1 package com.smart.germinadorapp;
2 import ...
25
26 public class elegirSemilla extends AppCompatActivity {
27
28     //UI Views
29     private ViewPager viewPager;
30     private ArrayList<miModelo> modelArrayList;
31     private MiAdaptador myAdaptador;
32     private Toast mToast;
33     private int currentPage;
34     Toolbar nuevoToolBar;
35
36     boolean tipoUsuario;
37
38     private DatabaseReference baseusuarios;
39
40     @Override
41     protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
42         super.onCreate(savedInstanceState);
43         setContentView(R.layout.activity_elegir_semilla);
44
45         getWindow().setFlags(WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN, WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN);
46         nuevoToolBar = findViewById(R.id.toolbar);
47
48         setSupportActionBar(nuevoToolBar);
49         nuevoToolBar.setTitleTextColor(getResources().getColor(android.R.color.white));
50
51         SharedPreferences preferences = this.getSharedPreferences( name: "GERMINADOR", Context.MODE_PRIVATE);
52         tipoUsuario = preferences.getBoolean( s: "TIPOUSUARIO", b: false);
53
```

```
broteTecnico.java x elegirSemilla.java x broteSeleccionado.java x MiAdaptador.java x miModelo.java x model_usuario.java
1 package com.smart.germinadorapp;
2
3 public class model_usuario {
4
5     String nombre;
6     String apellido;
7     String telefono;
8     String direccion;
9     String tipoUsuario;
10    String clave;
11
12    public String getNombre() { return nombre; }
15
16    public void setNombre(String nombre) { this.nombre = nombre; }
19
20    public String getApellido() { return apellido; }
23
24    public void setApellido(String apellido) { this.apellido = apellido; }
27
28    public String getTelefono() { return telefono; }
31
32    public void setTelefono(String telefono) { this.telefono = telefono; }
35
36    public String getDireccion() { return direccion; }
39
40    public void setDireccion(String direccion) { this.direccion = direccion; }
43
44    public String getTipoUsuario() { return tipoUsuario; }
47
48    public void setTipoUsuario(String tipoUsuario) { this.tipoUsuario = tipoUsuario; }
51
```

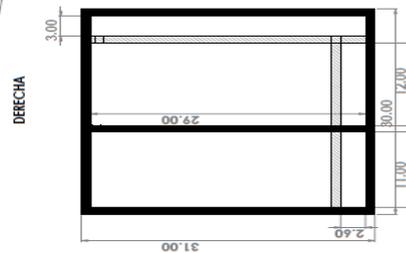
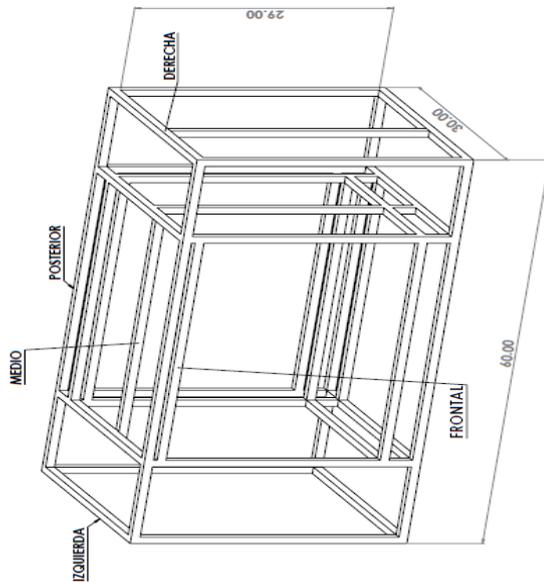
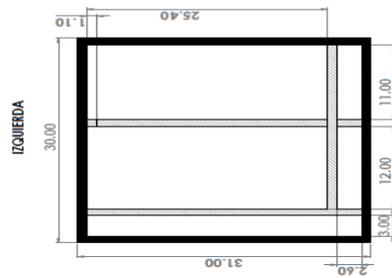
## ANEXO N: PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ HMI



# ANEXO O: DISEÑO DEL PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL GERMINADOR PRO



TUBO DE 1X1 cm



**ANEXO P: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO PATRÓN  
TERMOHIGRÓMETRO BOECO GERMANY BOE-327**



**APLICACIONES**

Uso en el campo Medico  
Laboratorios , Almacenes , Oficinas  
Agricultura e Industrias



**Incluye:**

Pila AAA



Sensor



**ESPECIFICACIONES TECNICAS**



<b>Temperatura Interna</b>	: - 10°C a +50°C
<b>Temperatura Interna</b>	: - 14°F a +122°F
<b>Temperatura Externa</b>	: - 50°C a +70°C
<b>Temperatura Externa</b>	: - 58°F a +158°F
<b>Humedad - Rango de Medicion</b>	: 20 ~ 99% RH
<b>Precision</b>	: ± 1°C , ± 5% RH
<b>Fuente de Alimentacion</b>	: 01 pila de 1.5Volts (AAA)
<b>Dimenciones del Producto</b>	: 111*100*20mm
<b>Pantalla - LCD tamaño</b>	: 65x78mm
<b>Peso del producto</b>	: 176g
<b>Accesorios Incluidos</b>	: Sensor de temperatura de 1.1 mtrs (largo)

**ANEXO Q: EVIDENCIA DE VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO**  
**PRUEBAS DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL FS200-DTH1**

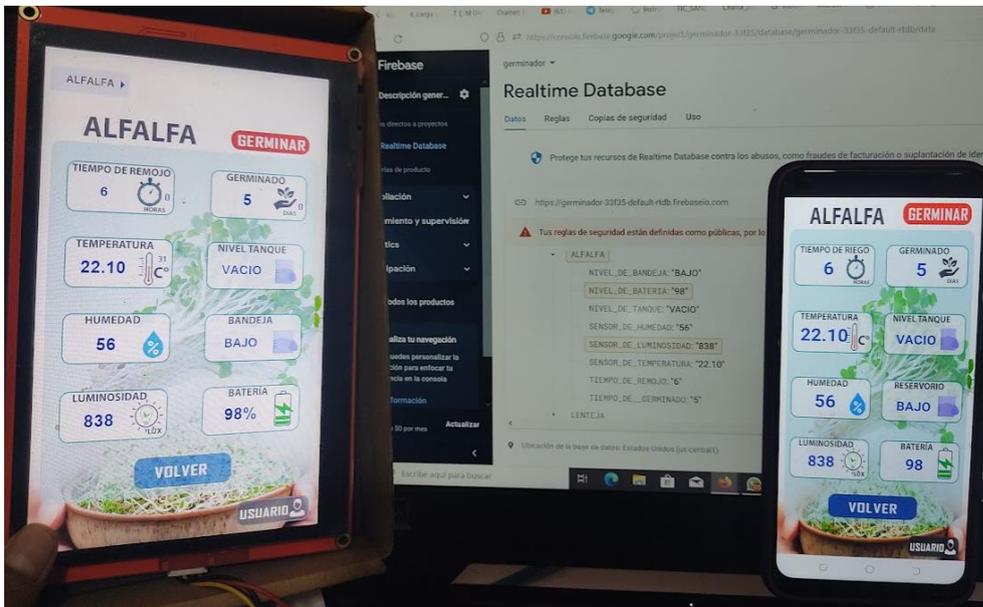
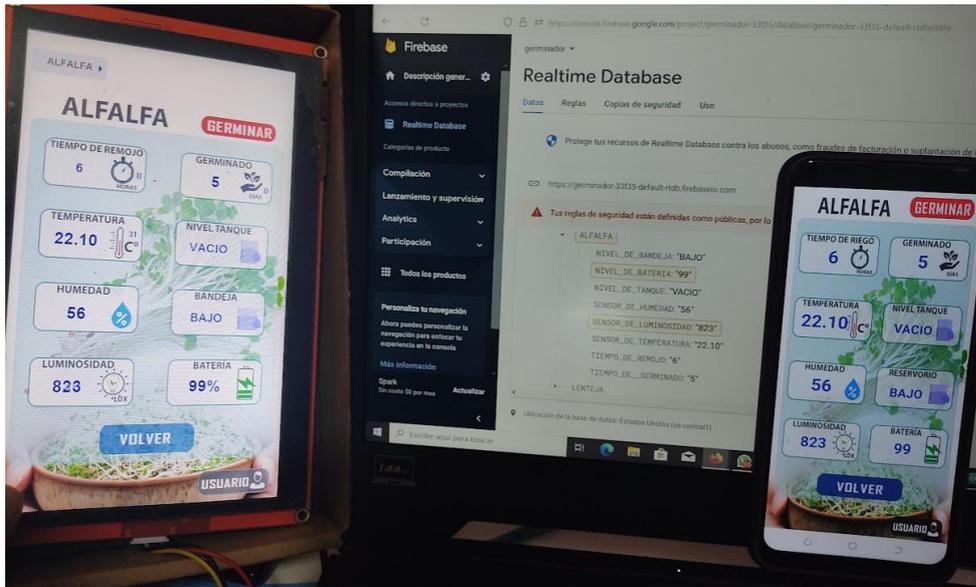


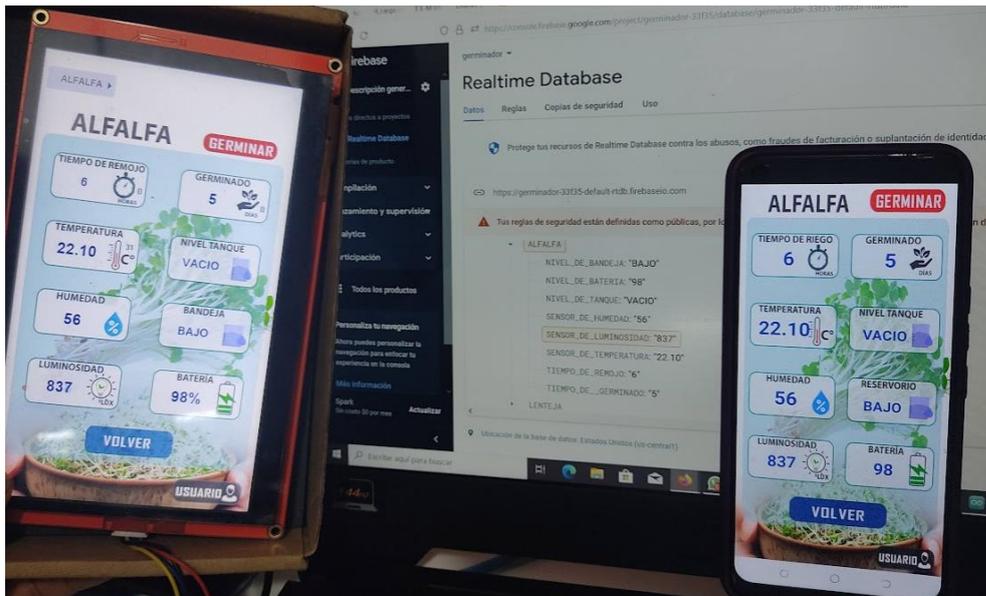
## ANEXO R: EVIDENCIA DE VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

### PRUEBAS DE LUMINOSIDAD DEL SENSOR BH1750

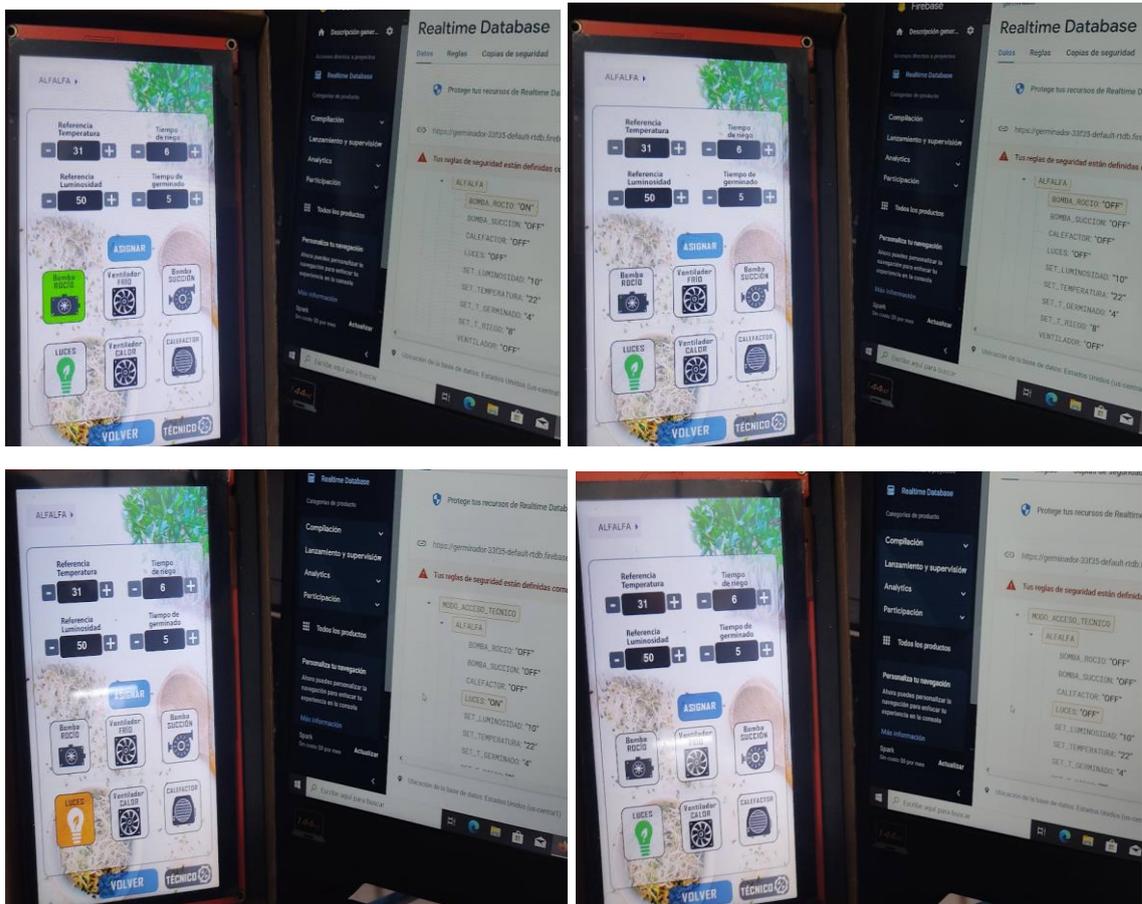


## ANEXO S: PRUEBAS DE INTEGRIDAD DE INFORMACIÓN

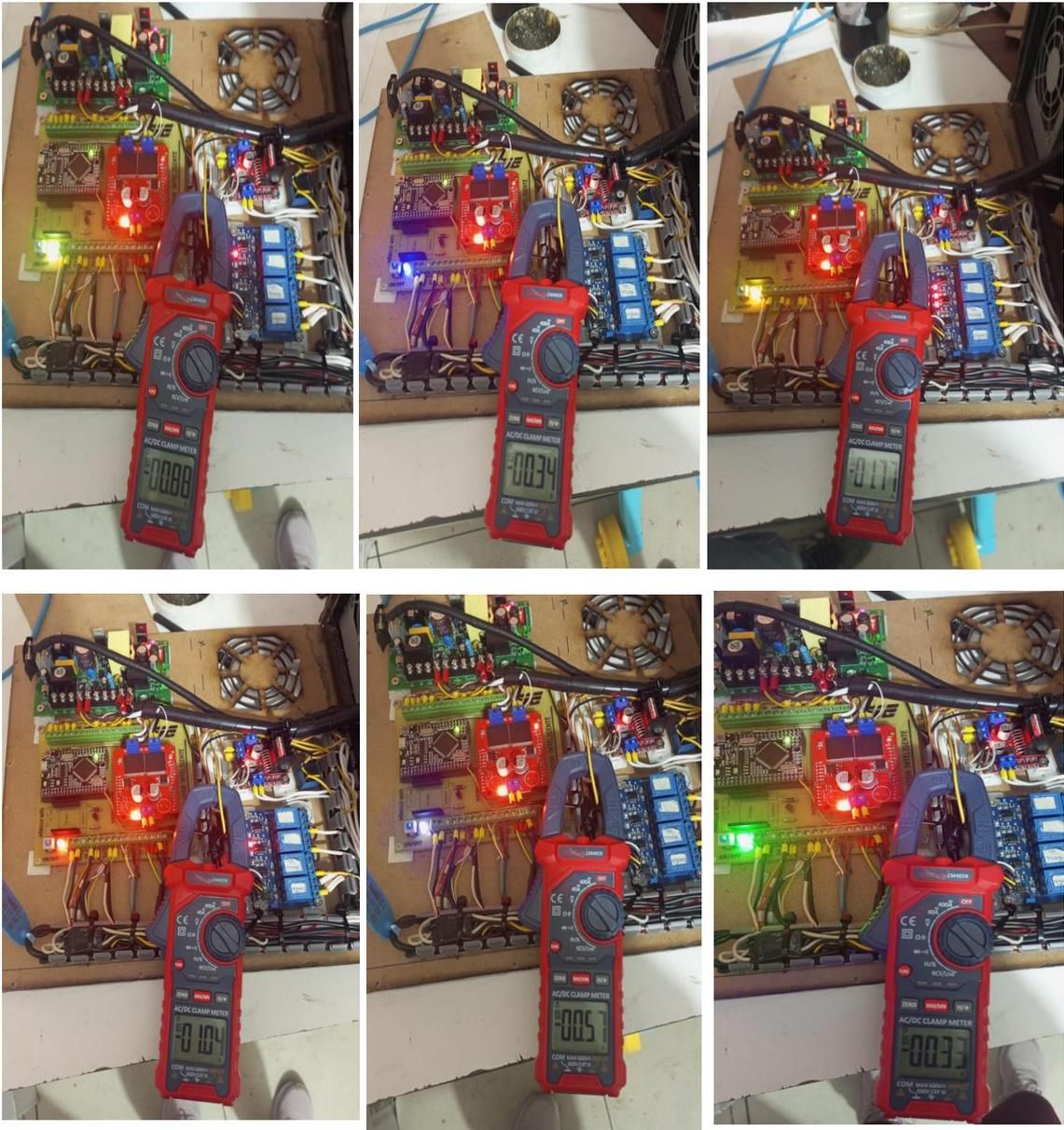




## ANEXO T: PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DEL MONITOREO REMOTO EN MODO ACCESO TÉCNICO



## ANEXO U: PRUEBAS DE CONSUMO DE CORRIENTE

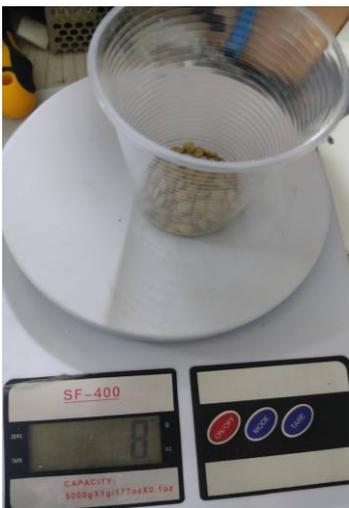


## ANEXO V: PRUEBA DE PRODUCCIÓN DE BROTES ANTES DE LA GERMINACIÓN

- QUINOA



- **LENTEJA**





• ALFALFA



## ANEXO W: PRUEBA DE PRODUCCIÓN DE BROTES DE SEMILLAS EN EL GERMINADOR PRO

- QUINOA



- LENTEJA





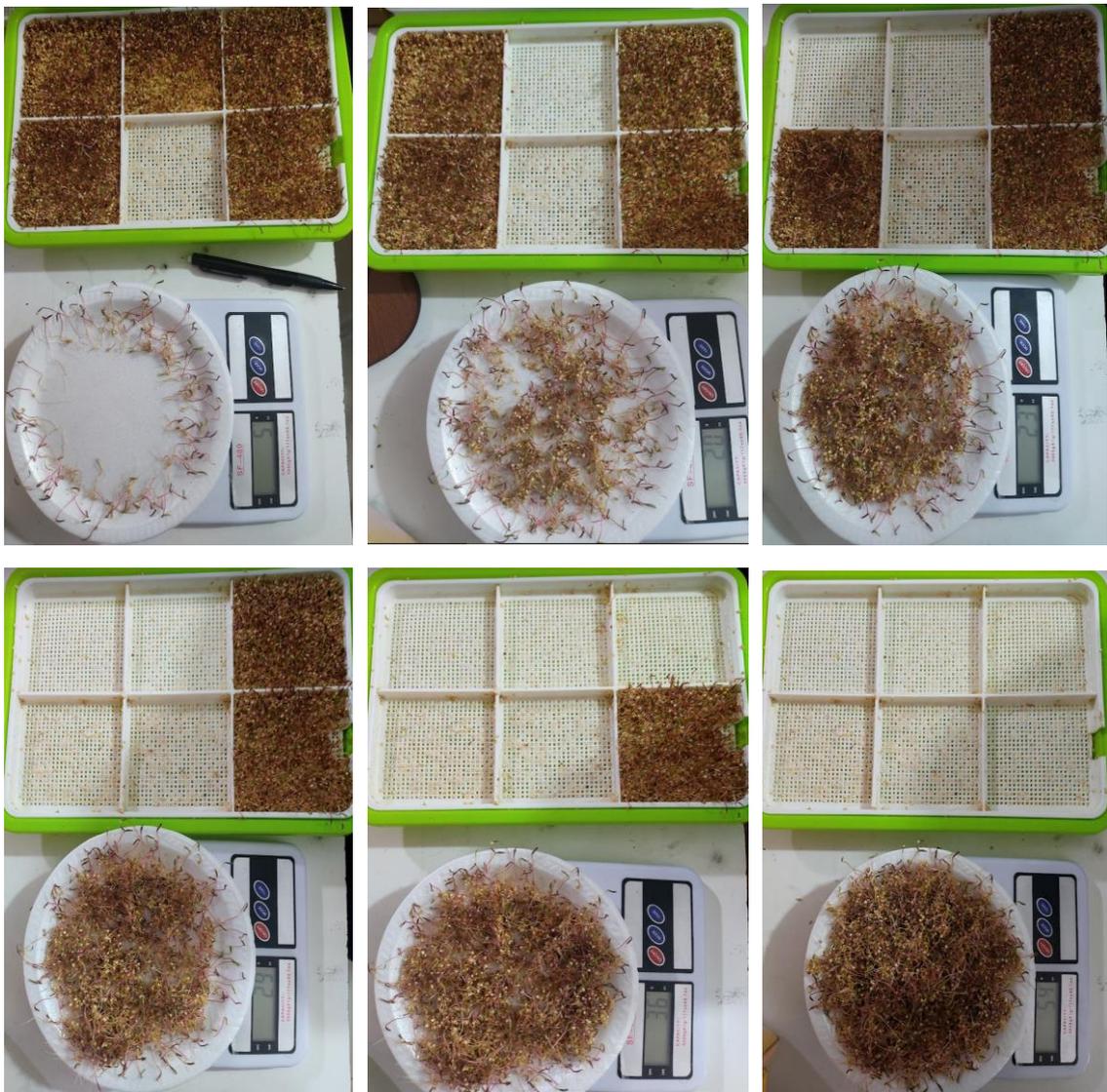
- ALFALFA



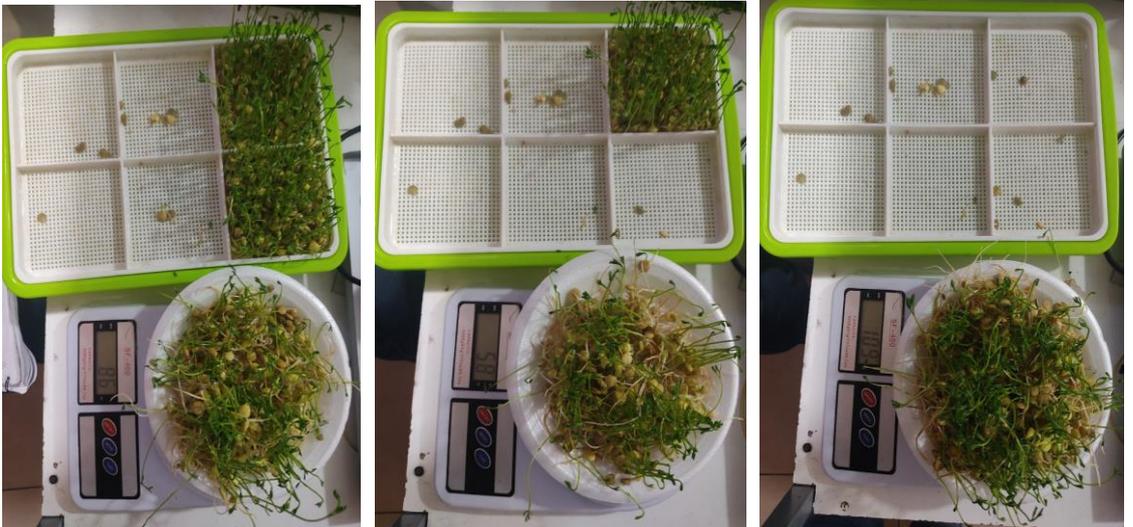
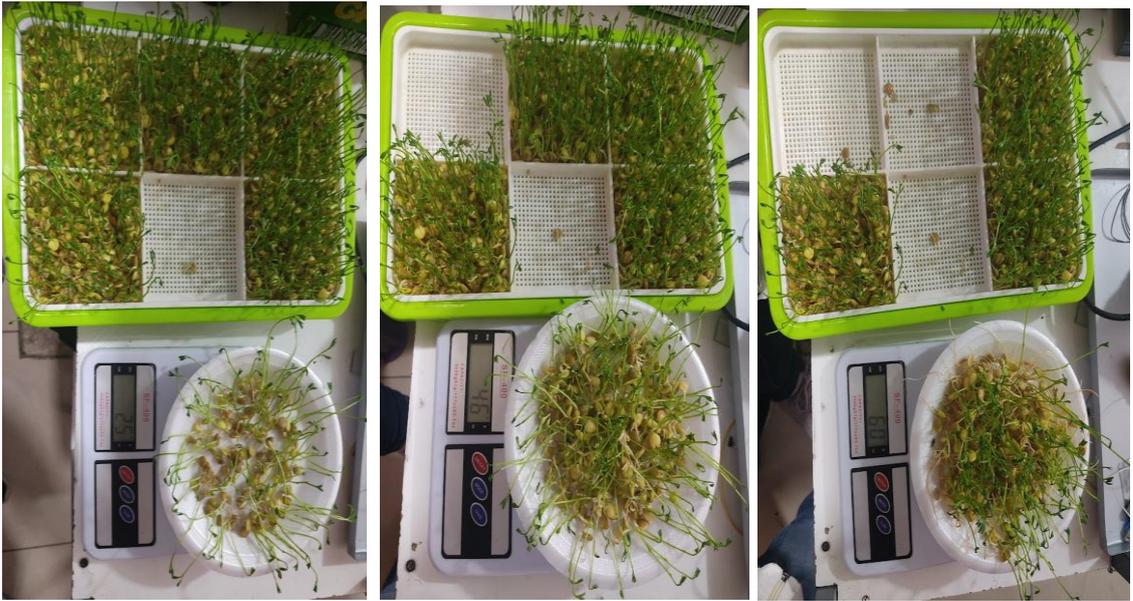


## ANEXO X: PRUEBA DE PRODUCCIÓN DE BROTES DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN

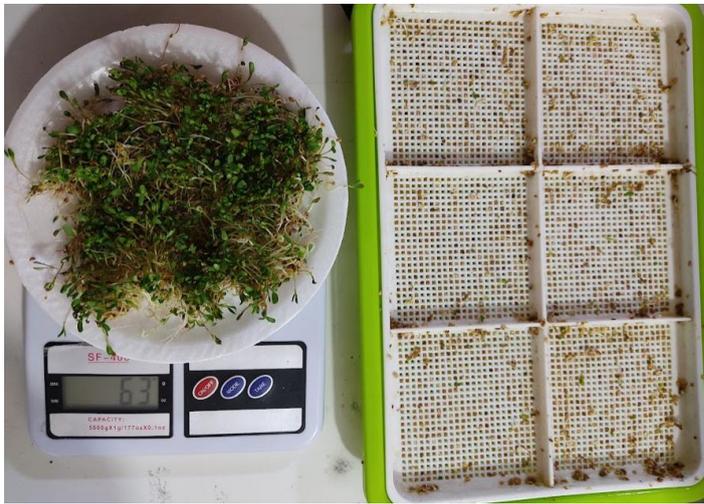
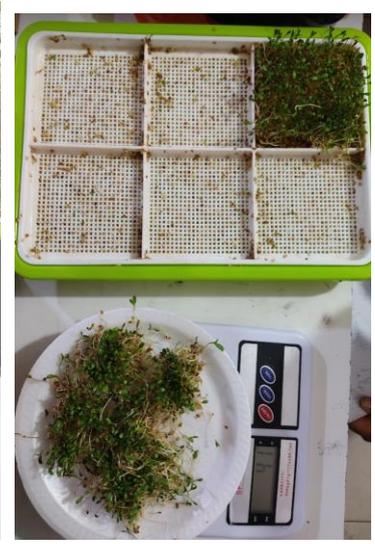
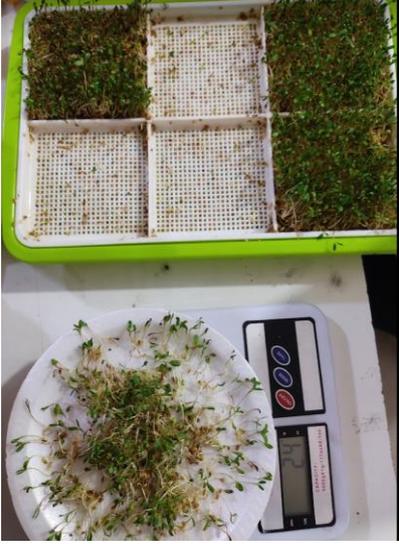
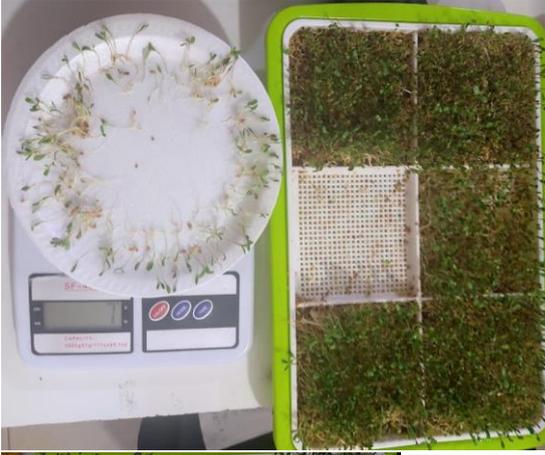
- QUINOA



- LENTEJA



- ALFALFA



## ANEXO Y: PRUEBA DE USABILIDAD



### CERTIFICADO

Riobamba, 25 de enero del 2023

A quien corresponda, Yo Lic. Cristian Pino con CI 0604193961, **ADMINISTRADOR DEL MIA LOUNGE & RESTAURANT** tengo a bien certificar que el dispositivo tecnológico **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO GERMINADOR DE SEMILLAS APLICADO PARA LA PRODUCCIÓN DE BROTES PARA EL ÁREA ALIMENTICIA** denominado "GERMINADOR PRO" diseñado por las señoritas Jeshica Yadira Moyon Satan y Carmen Liliana Reino Cuji estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ha verificado que el prototipo es de fácil uso y manejo intuitivo, además de ser una propuesta innovadora para la producción de brotes alimenticios.

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.



Atentamente,

Cristian Pino

Licenciado en Gastronomía

ADMINISTRADOR DEL MIA LOUNGE & RESTAURANT

ANEXO Z: PRUEBA DE CALIDAD: DESCRIPTIVA Y AFECTIVA



epoch

Carrera de  
Electrónica y  
Automatización

Nombre: Jorge Iván Gallegos Donoso.

Fecha: 02 de Febrero del 2023

Edad: 35

Escala Hedónica de 7 puntos de categorización

Valor	Muestra grado de aceptabilidad
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta poco
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Tabla 1.- Grado de aceptabilidad

1.- Pruebe por favor la muestra etiquetada "O" y "E" e indique el grado de aceptabilidad marcando con un valor de la Tabla 1 que mejor describa su reacción para cada uno de las características

Características Organolépticas	Producto "O"	Producto "E"
Textura	3	7
Olor	1	7
Sabor	2	7
Color	3	7
Crujiente	2	7
Apariencia	4	7

2.- Una vez probado los dos productos, realizar la siguiente prueba descriptiva. Por favor califique y marque con X de acuerdo a la escala de calidad que se indica.

Calidad	Producto "O"	Producto "E"
Excelente		X
Bueno		
Regular	X	
Malo		

L. J. Galg.  
17/02/2023

Juicio Después de haber degustado los brotes de alfalfa obtenidos del germinador PRO puedo certificar que el producto es de excelente calidad.

## ANEXO AA: PRUEBA DE CALIDAD DE BROTES



### CERTIFICADO

Riobamba, 2 de febrero del 2023

A quien corresponda, Yo Chef Jorge Gallegos con CI 1720222007, **ADMINISTRADOR DE DANTE STUDIO GASTRONÓMICO**, una vez realizado la prueba descriptiva y hedónica mediante degustación tengo a bien certificar que el producto etiquetado con la letra "E" correspondiente a los brotes producidos por el **PROTOTIPO ELECTRÓNICO GERMINADOR DE SEMILLAS** denominado "GERMINADOR PRO", diseñado por las señoritas Jeshica Yadira Moyon Satan y Carmen Liliana Reino Cuji estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, tienen un grado de calidad "excelente" y aceptabilidad "7", ya que destacan en cada uno de sus propiedades organolépticas en cuanto a textura, olor, color, sabor y además son crujientes a diferencia del producto "O" comercializado.

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.



Atentamente,

Chef

Jorge Gallegos

**ADMINISTRADOR DE DANTE STUDIO GASTRONÓMICO**



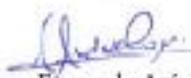
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 21/03/2023

<b>INFORMACIÓN DE LOS AUTORES</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> JESHICA YADIRA MOYON SATAN CARMEN LILIANA REINO CUJI
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b> ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>Título a optar:</b> INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>  Ing. Fernanda Arévalo M.



0498-DBRAI-UPT-2023