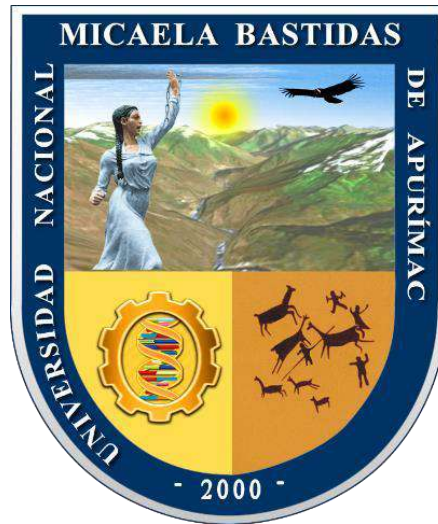


**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS



Tesis

Sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023

Presentado por:

Irwin Estrada Torres

Para optar el título profesional de Ingeniero Informático y Sistemas

Abancay, Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS



TESIS

**Sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate  
con hidroponía en Abancay, 2023**

Presentado por **Irwin Estrada Torres**, para optar el título de:  
Ingeniero Informático y Sistemas

Sustentado y aprobado el 11 de setiembre de 2024, ante el jurado evaluador:

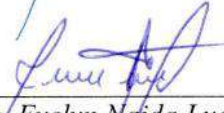
**Presidente:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. Ezech Ordoñez Ramos*


**Primer miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. José Luis Merma Aroni*

**Segundo miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Mag. Evelyn Naida Luque Ochoa*

**Asesor:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. Manuel Jesús Ibarra Cabrera*



---

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 165-2024

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada Sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023, presentado por el Bach. Irwin Estrada Torres, Para optar el Título de **Ingeniero Informático y Sistemas**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud ACEPTABLE de **(12%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 05 de setiembre del 2024

  
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS  
DE APURIMAC  
**Dr. Lintol Contreras Salas**  
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.  
Archivo  
REG. N° 632

## **Agradecimiento**

*Esta tesis fue ganadora y financiada parcialmente, a través del Vicerrectorado de Investigación de la UNAMBA, mediante el V Concurso de Investigación Científica y Tecnológica de Proyecto de Tesis de Pregrado, financiado con Fondos de Canon, Sobre canon y Regalías Mineras 2023.*

*A mis padres, por acompañarme en mi vida y darme todo el amor y cariño incondicional.*

*A mi hermano y a mis hermanas, que siempre me dieron su confianza y apoyo para lograr el gran anhelo de ser profesional.*

*Al Dr. Manuel Ibarra Cabrera, quien fue mi asesor y por haberme guiado en este proyecto de tesis, en base a su experiencia y sabiduría.*

*A todos mis profesores de la UNAMBA quienes me inculcaron sus conocimientos y experiencias.*



## **Dedicatoria**

*Dedicado a mis padres María Torres Chumpisuca y Tomás Percy Estrada Taipe por su apoyo incondicional, a mi hermano Yonatan Estrada Torres, a mis hermanas Lizeth Estrada Torres y Yasmín Estrada Torres por estar siempre para escucharme, reír juntos y por apoyarme en este camino de ser profesional.*



Sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con  
hidroponía en Abancay, 2023

Línea de investigación: Ingeniería de software e innovación tecnológica

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema.....	6
1.2.1 Problema general .....	6
1.2.2 Problemas específicos .....	6
1.3 Justificación de la investigación.....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	8
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	8
2.1 Objetivos de la investigación .....	8
2.1.1 Objetivo general.....	8
2.1.2 Objetivos específicos .....	8
2.2 Hipótesis de la investigación .....	8
2.2.1 Hipótesis general.....	8
2.2.2 Hipótesis específicas .....	8
2.3 Operacionalización de variables.....	8
<b>CAPÍTULO III</b> .....	10
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	10
3.1 Antecedentes .....	10
3.1.1 Antecedentes internacionales.....	10
3.1.2 Antecedentes nacionales .....	13
3.1.3 Antecedente local.....	16
3.2 Marco teórico .....	18
3.2.1 Sistema automatizado .....	18
3.2.1.1 Características de un sistema automático .....	20
3.2.1.2 Tipología en sistema de control.....	21



3.2.1.3	Raspberry Pi.....	25
3.2.1.4	Microcontrolador .....	26
3.2.1.5	Internet de las cosas (IoT).....	27
3.2.1.6	Aplicación web .....	31
3.2.1.7	Aplicación móvil .....	32
3.2.1.8	Aplicación telegram bot.....	33
3.2.1.9	Módulo relé.....	34
3.2.1.10	Sensores .....	36
3.2.1.11	Actuadores .....	44
3.2.1.12	Tecnologías usadas .....	48
3.2.2	Control de temperatura .....	49
3.2.2.1	Concepto de temperatura .....	49
3.2.2.2	Escalas termométricas .....	50
3.2.2.3	Diferentes escalas termométricas .....	50
3.2.3	Cultivo de tomate .....	51
3.2.3.1	Definición de tomate.....	51
3.2.3.2	Propiedades y usos.....	51
3.2.3.3	Tipos de tomates comerciales .....	52
3.2.3.4	Hidroponía .....	55
3.2.3.5	Invernadero .....	56
3.2.4	Metodología de desarrollo de software .....	66
3.2.4.1	Metodologías ágiles .....	66
3.2.4.2	Metodología SCRUM.....	67
3.2.5	Eficiencia .....	71
3.2.6	Computer System Usability Questionnaire (CSUQ) .....	73
3.3	Marco conceptual .....	75
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>78</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>78</b>
4.1	Tipo y nivel de investigación .....	78
4.1.1	Tipo de investigación .....	78
4.1.2	Nivel de investigación.....	78
4.2	Diseño de la investigación.....	78
4.3	Población y muestra .....	79
4.3.1	Población.....	79



4.3.2	Muestra .....	79
4.4	Procedimiento.....	80
4.5	Técnica e instrumentos .....	81
4.5.1	Técnica.....	81
4.5.2	Instrumento .....	81
4.6	Análisis estadístico.....	81
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>83</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>83</b>
5.1	Análisis de resultados.....	83
5.1.1	Resultado del procesamiento de datos .....	83
5.1.1.1	Resultado del procesamiento que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.....	83
5.1.1.2	Resultado del procesamiento que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía .....	84
5.1.1.3	Resultado del procesamiento de control de temperatura .....	85
5.1.2	Resultado de la usabilidad del usuario de la aplicación web y móvil.....	85
5.1.2.1	Usabilidad de la aplicación web y móvil.....	86
5.1.3	Resultado de la eficiencia del sistema automatizado.....	88
5.2	Contrastación de hipótesis.....	89
5.2.1	Contrastación de hipótesis para la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo .....	89
5.2.2	Contrastación de hipótesis para la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura .....	91
5.2.3	Contrastación de hipótesis del control de temperatura .....	93
5.3	Discusión.....	94
5.4	Sistema automatizado.....	95
5.4.1	Propósito .....	95
5.4.2	Características .....	96
5.4.3	Definición y acrónimos .....	96
5.4.4	Herramientas utilizadas.....	97
5.4.5	Personas y roles.....	97
5.4.6	Pila del producto (Product Backlog).....	98
5.4.7	Pila del sprint (Sprint Backlog).....	106
5.4.8	Diagramas de procesos .....	108
5.4.9	Diseño lógico del bot de Telegram .....	109



5.4.10	Circuito electrónico del sistema automatizado .....	110
5.4.11	Arquitectura lógica del sistema automatizado .....	113
5.5	Aplicación web y móvil .....	114
5.5.1	Propósito .....	114
5.5.2	Características .....	114
5.5.3	Definición y acrónimos .....	115
5.5.4	Herramientas utilizadas .....	116
5.5.5	Personas y roles.....	116
5.5.6	Pila del producto (Product Backlog).....	117
5.5.7	Pila del sprint (Sprint Backlog).....	130
5.5.8	Diagramas de procesos .....	133
5.5.9	Diseño lógico de la base de datos NoSQL.....	134
5.5.9.1	Documentos de configuraciones generales.....	135
5.5.9.2	Documentos de maestros .....	136
5.5.9.3	Documento de invernaderos .....	136
5.5.9.4	Documentos de operaciones con usuarios .....	137
5.5.9.5	Documentos de operaciones de invernaderos.....	138
5.5.9.6	Documentos de operaciones de notificaciones .....	139
5.5.9.7	Documentos de operaciones de monitoreos .....	140
5.5.9.8	Documentos de operaciones de notificaciones sin sistema .....	141
5.5.9.9	Documentos de operaciones de monitoreos sin sistema.....	142
5.5.10	Arquitectura lógica de la aplicación web .....	143
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>145</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>145</b>
6.1	Conclusiones .....	145
6.2	Recomendaciones.....	145
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>147</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>154</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> — Efecto de temperatura en el tomate .....	5
<b>Tabla 2</b> — Temperatura en etapa de crecimiento del tomate .....	6
<b>Tabla 3</b> — Operacionalización de las variables .....	9
<b>Tabla 4</b> — Entornos para aplicaciones IoT .....	30
<b>Tabla 5</b> — Características sensor de CE.....	37
<b>Tabla 6</b> — Características sensor de pH.....	38
<b>Tabla 7</b> — Características sensor de temperatura LM35.....	39
<b>Tabla 8</b> — Características sensor de temperatura TMP36 .....	40
<b>Tabla 9</b> — Características sensor de temperatura TC74 .....	41
<b>Tabla 10</b> — Características sensor de temperatura DHT22 .....	42
<b>Tabla 11</b> — Características sensor de temperatura DHT11 .....	43
<b>Tabla 12</b> — Tipos de ventilación para invernaderos.....	44
<b>Tabla 13</b> — Rules for Calculating CSUQ/PSSUQ Scores .....	74
<b>Tabla 14</b> — Resultado que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.....	83
<b>Tabla 15</b> — Resultado que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía .....	84
<b>Tabla 16</b> — Resultado de control de temperatura .....	85
<b>Tabla 17</b> — Resultado de usabilidad a la aplicación web .....	86
<b>Tabla 18</b> — Estadística de fiabilidad.....	87
<b>Tabla 19</b> — Estadística de escala .....	88
<b>Tabla 20</b> — Recopilación de datos para hipótesis específica 1 .....	89
<b>Tabla 21</b> — Recopilación de datos de la hipótesis específica 2.....	92
<b>Tabla 22</b> — Recopilación de datos para hipótesis general .....	94
<b>Tabla 23</b> — Personas y roles .....	97
<b>Tabla 24</b> — Lista de historias de usuario .....	98
<b>Tabla 25</b> — Lista de requisitos de software .....	98
<b>Tabla 26</b> — Relación de historias de usuario y requisitos de software .....	99
<b>Tabla 27</b> — Requisito de autenticación a firestore .....	99



<b>Tabla 28</b> — Requisito de cargar periodo .....	100
<b>Tabla 29</b> — Requisito de registrar monitoreo .....	100
<b>Tabla 30</b> — Requisito de registrar notificación.....	100
<b>Tabla 31</b> — Requisito de consultar invernadero .....	101
<b>Tabla 32</b> — Requisito de verificar periodo .....	101
<b>Tabla 33</b> — Requisito de consultar cultivo .....	101
<b>Tabla 34</b> — Requisito de consultar ultima notificación .....	102
<b>Tabla 35</b> — Requisito de lectura de temperatura ambiente.....	102
<b>Tabla 36</b> — Requisito de lectura de temperatura agua.....	102
<b>Tabla 37</b> — Requisito de lectura de humedad relativa.....	103
<b>Tabla 38</b> — Requisito de encender o apagar foco.....	103
<b>Tabla 39</b> — Requisito de encender o apagar calefactor .....	103
<b>Tabla 40</b> — Requisito de encender o apagar ventilador.....	104
<b>Tabla 41</b> — Requisito de abrir o cerrar ventana.....	104
<b>Tabla 42</b> — Requisito de registrar en domoticz .....	105
<b>Tabla 43</b> — Requisito de autenticación a la Api Telegram Bot .....	105
<b>Tabla 44</b> — Requisito de guía de usuario para el Bot.....	105
<b>Tabla 45</b> — Primer Sprint .....	106
<b>Tabla 46</b> — Segundo Sprint .....	107
<b>Tabla 47</b> — Tercer Sprint.....	107
<b>Tabla 48</b> — Cuarto Sprint .....	108
<b>Tabla 49</b> — Lista de diagramas de procesos .....	108
<b>Tabla 50</b> — Personas y roles .....	116
<b>Tabla 51</b> — Lista de historias de usuario .....	117
<b>Tabla 52</b> — Lista de requisitos de software .....	117
<b>Tabla 53</b> — Relación de historias de usuario y requisitos de software .....	118
<b>Tabla 54</b> — Requisito de acceder a la aplicación web .....	119
<b>Tabla 55</b> — Requisito de crear cuenta.....	119
<b>Tabla 56</b> — Requisito de registrar usuario .....	120
<b>Tabla 57</b> — Requisito de editar datos del usuario.....	120
<b>Tabla 58</b> — Requisito de eliminar usuario .....	120
<b>Tabla 59</b> — Requisito de perfil del usuario.....	121
<b>Tabla 60</b> — Requisito de cambiar idioma de la aplicación .....	121
<b>Tabla 61</b> — Requisito de registrar cultivo.....	122



<b>Tabla 62</b> — Requisito de editar datos del cultivo .....	122
<b>Tabla 63</b> — Requisito de eliminar cultivo.....	122
<b>Tabla 64</b> — Requisito de registrar actuador .....	123
<b>Tabla 65</b> — Requisito de editar datos del actuador.....	123
<b>Tabla 66</b> — Requisito de eliminar actuador .....	123
<b>Tabla 67</b> — Requisito de registrar sensor .....	124
<b>Tabla 68</b> — Requisito de editar datos del sensor .....	124
<b>Tabla 69</b> — Requisito de eliminar sensor .....	125
<b>Tabla 70</b> — Requisito de registrar módulo .....	125
<b>Tabla 71</b> — Requisito de editar datos del módulo .....	126
<b>Tabla 72</b> — Requisito de eliminar módulo .....	126
<b>Tabla 73</b> — Requisito de registrar invernadero.....	126
<b>Tabla 74</b> — Requisito de editar datos del invernadero .....	127
<b>Tabla 75</b> — Requisito de eliminar invernadero.....	127
<b>Tabla 76</b> — Requisito de mapa de invernaderos .....	128
<b>Tabla 77</b> — Requisito de listado de notificaciones .....	128
<b>Tabla 78</b> — Requisito de listado de monitoreos.....	128
<b>Tabla 79</b> — Requisito de detalle del monitoreo .....	129
<b>Tabla 80</b> — Requisito de detalle de la notificación.....	129
<b>Tabla 81</b> — Requisito de estados de la notificación .....	130
<b>Tabla 82</b> — Primer Sprint .....	130
<b>Tabla 83</b> — Segundo Sprint .....	131
<b>Tabla 84</b> — Tercer Sprint.....	132
<b>Tabla 85</b> — Cuarto Sprint .....	132
<b>Tabla 86</b> — Lista de diagramas de procesos .....	133
<b>Tabla 87</b> — Matriz de consistencia .....	155
<b>Tabla 88</b> — Temperatura que sale del rango óptimo sin sistema.....	157
<b>Tabla 89</b> — Temperatura que sale del rango óptimo con sistema.....	168
<b>Tabla 90</b> — Registros de temperatura que sale del rango óptimo con sistema .....	169
<b>Tabla 91</b> — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo con sistema .....	170
<b>Tabla 92</b> — Cantidad de mediciones realizadas por el agricultor .....	183



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> — Esquema general de un sistema (auditoria) .....	18
<b>Figura 2</b> — Esquema general de un sistema de control (auditoria) .....	19
<b>Figura 3</b> — Sistema de control (auditoria) .....	21
<b>Figura 4</b> — Control lazo cerrado vs. Control lazo abierto .....	24
<b>Figura 5</b> — Modelos de Raspberry Pi .....	25
<b>Figura 6</b> — Raspberry Pi 3 Modelo B + .....	26
<b>Figura 7</b> — Arquitectura de 3 y 5 niveles .....	28
<b>Figura 8</b> — Módulo Relay 4ch 5Vdc .....	35
<b>Figura 9</b> — Módulo Relay 8ch 5Vdc .....	36
<b>Figura 10</b> — Sensor CE.....	37
<b>Figura 11</b> — Sensor pH.....	39
<b>Figura 12</b> — Sensor LM35.....	40
<b>Figura 13</b> — Sensor TMP36 .....	40
<b>Figura 14</b> — Sensor TC74.....	41
<b>Figura 15</b> — Sensor DHT22 .....	42
<b>Figura 16</b> — Sensor DHT11 .....	43
<b>Figura 17</b> — Ventilador 220V dc.....	46
<b>Figura 18</b> — Bomba de agua 12V DC .....	47
<b>Figura 19</b> — Invernadero tipo parral o almeriense .....	58
<b>Figura 20</b> — Invernadero tipo túnel .....	59
<b>Figura 21</b> — Invernadero tipo capilla .....	60
<b>Figura 22</b> — Invernadero asimétrico.....	61
<b>Figura 23</b> — Invernadero tipo gótico .....	62
<b>Figura 24</b> — Invernadero tipo venlo .....	63
<b>Figura 25</b> — Sprint Cycle.....	70
<b>Figura 26</b> — Lectura para sensores .....	88
<b>Figura 27</b> — Región crítica de la hipótesis específica 1 .....	91
<b>Figura 28</b> — Región crítica de la hipótesis específica 2 .....	93
<b>Figura 29</b> — Diseño lógico del bot de Telegram .....	109



<b>Figura 30</b> — Circuito electrónico del sistema automatizado .....	112
<b>Figura 31</b> — Arquitectura lógica del sistema automatizado .....	114
<b>Figura 32</b> — Diseño lógico de la base de datos NoSQL.....	134
<b>Figura 33</b> — Documentos de configuraciones generales .....	135
<b>Figura 34</b> — Documentos de maestros .....	136
<b>Figura 35</b> — Documento de invernaderos.....	136
<b>Figura 36</b> — Documentos de operaciones con usuarios .....	137
<b>Figura 37</b> — Documentos de operaciones de invernaderos .....	138
<b>Figura 38</b> — Documentos de operaciones de notificaciones .....	139
<b>Figura 39</b> — Documentos de operaciones de monitoreos.....	140
<b>Figura 40</b> — Documentos de operaciones de notificaciones sin sistema.....	141
<b>Figura 41</b> — Documentos de operaciones de monitoreos sin sistema .....	142
<b>Figura 42</b> — Arquitectura lógica de la aplicación web.....	144
<b>Figura 43</b> — Población de la investigación.....	156
<b>Figura 44</b> — Registros de temperatura que sale del rango óptimo sin sistema página 1 .....	158
<b>Figura 45</b> — Registros de temperatura que sale del rango óptimo sin sistema página 2 .....	159
<b>Figura 46</b> — Registros de temperatura que sale del rango óptimo sin sistema página 3 .....	160
<b>Figura 47</b> — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página 1 .	161
<b>Figura 48</b> — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página 2 .	162
<b>Figura 49</b> — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página 3 .	163
<b>Figura 50</b> — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página 4 .	164
<b>Figura 51</b> — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página 5 .	165
<b>Figura 52</b> — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página 6 .	166
<b>Figura 53</b> — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página 7 .	167
<b>Figura 54</b> — Temperatura que sale del rango óptimo con la aplicación móvil .....	168
<b>Figura 55</b> — Mediciones de temperatura con la aplicación móvil.....	183
<b>Figura 56</b> — Cuestionario de usabilidad de la aplicación web - 1 .....	184
<b>Figura 57</b> — Cuestionario de usabilidad de la aplicación web - 2.....	185
<b>Figura 58</b> — Resultados de la usabilidad de la aplicación web .....	185
<b>Figura 59</b> — Germinación.....	186
<b>Figura 60</b> — Solución nutritiva.....	187
<b>Figura 61</b> — Invernadero .....	188
<b>Figura 62</b> — Sensores de temperatura.....	189
<b>Figura 63</b> — Sistema automatizado .....	190



<b>Figura 64</b> — Domoticz.....	191
<b>Figura 65</b> — Bot Telegram.....	192
<b>Figura 66</b> — Acceso al sistema.....	193
<b>Figura 67</b> — Crear una cuenta.....	194
<b>Figura 68</b> — Panel de control.....	195
<b>Figura 69</b> — Registrar usuario .....	196
<b>Figura 70</b> — Listar usuarios .....	197
<b>Figura 71</b> — Registrar actuador .....	198
<b>Figura 72</b> — Listar actuadores .....	199
<b>Figura 73</b> — Registrar sensor.....	200
<b>Figura 74</b> — Listar sensores.....	201
<b>Figura 75</b> — Registrar módulo.....	202
<b>Figura 76</b> — Listar módulos .....	203
<b>Figura 77</b> — Registrar cultivo.....	204
<b>Figura 78</b> — Listar cultivos.....	205
<b>Figura 79</b> — Perfil del usuario .....	206
<b>Figura 80</b> — Registrar invernadero.....	207
<b>Figura 81</b> — Listar invernaderos.....	208
<b>Figura 82</b> — Listar periodos .....	209
<b>Figura 83</b> — Listar notificaciones.....	210
<b>Figura 84</b> — Listar periodos .....	211
<b>Figura 85</b> — Listar monitoreos .....	212
<b>Figura 86</b> — Listar invernaderos en mapa .....	213
<b>Figura 87</b> — Diagrama de proceso de autenticación a Firestore .....	214
<b>Figura 88</b> — Diagrama de procesos de registrar periodo.....	215
<b>Figura 89</b> — Diagrama de procesos de registrar monitoreo.....	216
<b>Figura 90</b> — Diagrama de procesos de registrar notificación.....	217
<b>Figura 91</b> — Diagrama de procesos de consultar invernadero.....	218
<b>Figura 92</b> — Diagrama de procesos de consultar periodo .....	219
<b>Figura 93</b> — Diagrama de procesos de consultar cultivo.....	220
<b>Figura 94</b> — Diagrama de procesos de consultar ultima notificación .....	221
<b>Figura 95</b> — Diagrama de procesos de lectura de temperatura ambiente.....	222
<b>Figura 96</b> — Diagrama de procesos de lectura de temperatura agua.....	223
<b>Figura 97</b> — Diagrama de procesos de lectura de humedad relativa .....	224



<b>Figura 98</b> — Diagrama de procesos de encender o apagar foco .....	225
<b>Figura 99</b> — Diagrama de procesos de encender o apagar calefactor .....	226
<b>Figura 100</b> — Diagrama de procesos de encender o apagar ventilador .....	227
<b>Figura 101</b> — Diagrama de procesos de abrir o cerrar ventana .....	228
<b>Figura 102</b> — Diagrama de procesos de registrar en domoticz .....	229
<b>Figura 103</b> — Diagrama de procesos de autenticación a la Api Telegram Bot.....	230
<b>Figura 104</b> — Diagrama de procesos de guía de usuario para el Bot .....	231
<b>Figura 105</b> — Diagrama de proceso de acceder a la aplicación web.....	232
<b>Figura 106</b> — Diagrama de procesos de crear cuenta.....	233
<b>Figura 107</b> — Diagrama de procesos de registrar usuario .....	234
<b>Figura 108</b> — Diagrama de procesos de editar datos del usuario .....	235
<b>Figura 109</b> — Diagrama de procesos de eliminar usuario .....	236
<b>Figura 110</b> — Diagrama de procesos de perfil del usuario .....	237
<b>Figura 111</b> — Diagrama de procesos de cambiar idioma de la aplicación .....	238
<b>Figura 112</b> — Diagrama de procesos de registrar cultivo.....	239
<b>Figura 113</b> — Diagrama de procesos de editar datos del cultivo.....	240
<b>Figura 114</b> — Diagrama de procesos de eliminar cultivo.....	241
<b>Figura 115</b> — Diagrama de procesos de registrar actuador .....	242
<b>Figura 116</b> — Diagrama de procesos de editar datos del actuador .....	243
<b>Figura 117</b> — Diagrama de procesos de eliminar actuador .....	244
<b>Figura 118</b> — Diagrama de procesos de registrar sensor.....	245
<b>Figura 119</b> — Diagrama de proceso de editar datos del sensor .....	246
<b>Figura 120</b> — Diagrama de procesos de eliminar sensor.....	247
<b>Figura 121</b> — Diagrama de procesos de registrar módulo.....	248
<b>Figura 122</b> — Diagrama de procesos de editar datos del módulo.....	249
<b>Figura 123</b> — Diagrama de procesos de eliminar módulo.....	250
<b>Figura 124</b> — Diagrama de procesos de registrar invernadero.....	251
<b>Figura 125</b> — Diagrama de procesos de editar datos del invernadero.....	252
<b>Figura 126</b> — Diagrama de procesos de eliminar invernadero.....	253
<b>Figura 127</b> — Diagrama de procesos de mapa de invernaderos .....	254
<b>Figura 128</b> — Diagrama de procesos de listado de notificaciones .....	255
<b>Figura 129</b> — Diagrama de procesos de listado de monitoreo .....	256
<b>Figura 130</b> — Diagrama de procesos de detalle de monitoreo .....	257
<b>Figura 131</b> — Diagrama de procesos de detalle de la notificación.....	258



**Figura 132** — Diagrama de procesos de estados de la notificación.....259



## INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo se están implementando invernaderos para desarrollar cultivos de plantas generalmente comestibles y ornamentales, pero debido a que estos no utilizan técnicas de control en sus diferentes fases de crecimiento no logran aumentar la calidad de la producción de las plantas. El desarrollo de un cultivo está condicionado por factores ambientales: temperatura, humedad relativa, luz, etc. Para que las plantas puedan realizar sus funciones es necesaria la conjunción de estos factores dentro de un límite mínimo y máximo. La temperatura, el pH y la conductividad eléctrica son los parámetros más importantes a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, porque es el más influyente en el crecimiento y desarrollo de las plantas (REYNA, 2015). Normalmente la temperatura ideal para el crecimiento de las plantas se encuentra en un rango entre 18 y 30 grados centígrados (PANIURA, 2022).

La presente investigación tiene el propósito de un sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate por hidroponía en Abancay, esto con el objetivo de tener el invernadero con una temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

La estructura del proyecto consta de 5 capítulos los cuales son: el primer capítulo incluye la descripción del problema, tanto el general como los específicos, la justificación para el proyecto y el lugar en donde se desarrollará el proyecto. El segundo capítulo incluye los objetivos desde el general y los específicos, las hipótesis, tanto el general como las específicas y el cuadro con la operacionalización de las variables a tratar para el proyecto. El tercer capítulo abarca el marco teórico referencial, el cual se detalla los antecedentes, los cuales son proyectos similares al proyecto en cuestión, el marco teórico con toda la información relacionada al proyecto y el marco conceptual con el resumen de términos manejados para el proyecto. El cuarto capítulo abarca la metodología, el tipo, nivel y diseño para la investigación, la población y la muestra con el cual se va a trabajar, así como los procedimientos, herramientas y los estadísticos de investigación presentes para el proyecto. Finalmente, el quinto capítulo abarca el tema de la administración para el proyecto, como lo son el cronograma de actividades en el cual se detalla el tiempo de duración del proyecto, el presupuesto que viene a ser el monto a utilizar para el proyecto.



## RESUMEN

El estudio desarrollado, se realizó con el objetivo de mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en un invernadero, la cual fue implementada y desplegado en la aplicación web (<https://temphum.com.pe/>), en la google play store (TempHum) y en telegram bot (TempHum). Debido al problema que existía respecto a que gran parte de los invernaderos son operados manualmente, no tienen ningún sistema de control que este verificando los parámetros climáticos, tampoco se cuenta con un sistema de monitoreo y recopilación de datos, los cuales nos ayudarían a mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos en los invernaderos.

Para este proyecto de investigación se inició con la siembra de semillas de tomate, el cual tiene las siguientes etapas, almacigo, post almacigo y trasplante final al sistema hidropónico. Teniendo una población de 50 plantas de tomate y una muestra de 44 plantas de tomate, asimismo, el tipo de investigación es aplicada, con un nivel de investigación explicativa y un diseño de investigación cuasiexperimental. Una vez implementado y puesto en marcha el uso del sistema automatizado de control de temperatura, se concluye que, se logró mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate, se logró reducir la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo de un total de 137 a 22, es decir se redujo en un 83.94%, también, se logró disminuir la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura de un total de 8 a 1, es decir se redujo en un 87.50%.

De esta manera se logró demostrar que el estudio alcanzó los resultados esperados.

**Palabras clave:** Control de temperatura, aplicación web, invernadero, hidroponía, automatización.



## ABSTRACT

The study developed was carried out with the objective of improving temperature monitoring in tomato production with hydroponics in a greenhouse, which was implemented and deployed in the web application (<https://temphum.com.pe/>), in the google play store (TempHum) and in telegram bot (TempHum). Due to the problem that existed regarding the fact that a large part of the greenhouses are operated manually, they do not have any control system that is verifying the climatic parameters, nor does there have a monitoring and data collection system, which would help us improve the growth and development of crops in greenhouses.

For this research project, it began with the sowing of tomato seeds, which has the following stages, seedbed, post seedbed and final transplant to the hydroponic system. Having a population of 50 tomato plants and a sample of 44 tomato plants, likewise, the type of research is applied, with a level of explanatory research and a quasi-experimental research design. Once the automated temperature control system was implemented and put into operation, it was concluded that temperature control in tomato cultivation was improved, the number of times the temperature left the optimal range was reduced from a total of 137 to 22, that is, it was reduced by 83.94%, also, the number of times the farmer had to go to measure the temperature was reduced from a total of 8 to 1, that is, it was reduced by 87.50%.

In this way it was possible to demonstrate that the study achieved the expected results.

**Keywords:** *Temperature control, web application, greenhouse, hydroponics, automation.*



## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción del problema**

En el Perú, diversos departamentos están implementando invernaderos para mejorar la calidad de sus cultivos y protegerlos de las variaciones climáticas, las cuales se han intensificado en los últimos años debido al calentamiento global (REYNA, 2015). Sin embargo, el monitoreo de condiciones climáticas, como la temperatura, la humedad relativa y la luz, es deficiente en muchas zonas del país, ya que no se dispone de sistemas de control adecuados que mantengan un ambiente ideal en los invernaderos. La necesidad de optimizar el crecimiento y desarrollo de los cultivos hace cada vez más urgente mejorar las condiciones climáticas dentro de los invernaderos (BERRIOS, 2022).

El Valle de Pachachaca fue en su momento el principal centro de cultivo de tomate en nuestra región, gracias a su clima templado, ideal para el desarrollo de esta hortaliza. Sin embargo, en los últimos años, los agricultores han reducido la superficie dedicada al tomate debido a los altos costos de producción, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas químicos, y los efectos del cambio climático, que han incrementado las pérdidas económicas. Dado que los cultivos de tomate son especialmente vulnerables a plagas y enfermedades, es fundamental implementar nuevas tecnologías y variedades resistentes, adaptadas a condiciones de invernadero (ORTIZ, 2016).

Los procesos que impulsan el crecimiento y la producción de las plantas incluyen la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. Estos procesos están regulados tanto a corto como a largo plazo por factores como la radiación solar, la concentración de CO<sub>2</sub>, la temperatura ambiente y la presión del vapor de agua. En un invernadero, estos factores, a su vez, se ven influenciados por la presencia del techo o revestimiento del mismo, así como por el propio cultivo (PUJANTE, 2001).

El calentamiento del invernadero ocurre cuando los rayos infrarrojos lejanos, generados por la radiación que atraviesa los materiales del techo, se convierten en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales estructurales y el suelo. Como resultado, estos elementos emiten una radiación de mayor longitud de onda, la cual, al interactuar con el



parasol, se dispersa tanto hacia el exterior como hacia el interior del invernadero, aumentando así la temperatura interna (INFOAGRO, 2014).

El problema es que muchos de estos invernaderos requieren una gran inversión de tiempo y dinero para el monitoreo de los cultivos, ya que son operados manualmente por los agricultores locales. No cuentan con sistemas de control que verifiquen los parámetros climáticos ni con un sistema de monitoreo y recopilación de datos que permita optimizar el crecimiento y desarrollo de los cultivos en los invernaderos (REYNA, 2015).

Por otro lado, existen técnicas de sistemas automatizados para el monitoreo y control de humedad en un invernadero (REYNA, 2015), algoritmos de control predictivo multivariable para la optimización del clima de un invernadero (MACHACA, 2018), entre otros; el problema es que, existen muy pocos estudios orientados a mejorar el control de la temperatura en un invernadero.

La temperatura, el pH y la conductividad eléctrica son los parámetros más importantes a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, porque es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 18 y 30 grados centígrados. En la Tabla 1 se aprecia el efecto de temperatura en el tomate, donde las temperaturas inferiores a 10° C afectan la floración y temperaturas superiores a 35° C pueden afectar el cuajado y en la Tabla 2 se aprecia la temperatura en etapa de crecimiento del tomate:

**Tabla 1 — Efecto de temperatura en el tomate**

<b>Temperatura</b>	<b>Efecto que ocasiona en la planta</b>
Mínima 8-12° C	“Los procesos de absorción y desarrollo de nutrientes alcanzan su fuerza mínima o se paralizan, y si la temperatura mínima se mantiene durante muchos días, la planta se debilita, y si la temperatura desciende por debajo de este nivel, la planta se debilita aún más o muere”.
Óptima 21-27° C	“Los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, la floración y el crecimiento son adecuados”.
Máxima 32-36° C	“Los procesos bioquímicos y la toma de nutrientes están al máximo, son enormes y agotadores para la planta, se muestran desórdenes



<p>fisiológicos y se suspende la floración, cuando estas temperaturas se alargan ocurre la muerte de la planta”.</p>
<p>FUENTE: Paniura, Mercedes (2022)</p>

**Tabla 2 — Temperatura en etapa de crecimiento del tomate**

<b>Etapa de crecimiento</b>	<b>T. mínima</b>	<b>T. óptima</b>	<b>T. máxima</b>
Germinación	11°C	16-29°C	34°C
Crecimiento	18°C	21-24°C	32°C
Cuajado de frutos en el transcurso del día	18°C	23-26°C	32°C
Cuajado de frutos en el transcurso la noche	10°C	14-17°C	22°C
Producción de pigmento rojo (licopeno)	10°C	20-24°C	30°C
Producción de pigmento amarillo ( $\beta$ caroteno)	10°C	21-23°C	40°C
Temperatura del suelo	12°C	20-24°C	25°C
FUENTE: Paniura, Mercedes (2022)			

Por los problemas anteriormente descritos, el presente trabajo de investigación se avocó a implementar un sistema que permita controlar la temperatura en el interior de un invernadero, de tal manera que la temperatura sea ideal o idónea, para que el crecimiento y desarrollo de las plantas sea óptima.

En este entender se plantean las siguientes interrogantes:

## 1.2 Enunciado del problema

### 1.2.1 Problema general

¿Será posible implementar un sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Será posible reducir la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía?
- ¿Será posible reducir la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía?

### 1.3 Justificación de la investigación

Existen muchas regiones en el Perú, donde la producción agrícola se realiza de forma manual, teniendo las estaciones del año para la siembra y cosecha, además que en los últimos años el clima ya no se comporta según las estaciones porque podemos ver que en temporadas de lluvias se presenta heladas y en temporadas de verano está lloviendo.

El sistema automatizado para mejorar el control de temperatura fue indispensable, para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, así obtener una buena producción de productos agrícolas, así como productos de buena calidad, debido a que en el interior del invernadero se pueden controlar variables climáticas como la temperatura, humedad relativa, luz, etc. Es muy importante el monitoreo y recopilación de datos en un invernadero.



## CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1 Objetivos de la investigación

#### 2.1.1 Objetivo general

Implementar un sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023.

#### 2.1.2 Objetivos específicos

- Reducir la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.
- Reducir la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

### 2.2 Hipótesis de la investigación

#### 2.2.1 Hipótesis general

Utilizando el sistema automatizado, se mejora el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023.

#### 2.2.2 Hipótesis específicas

- Utilizando el sistema automatizado, se reduce la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.
- Utilizando el sistema automatizado, se reduce la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

### 2.3 Operacionalización de variables

Se definieron las siguientes variables:

**A. Variable independiente:** Sistema automatizado.

**B. Variable dependiente:** Control de temperatura.

Para mayor detalle de las variables, ver el Anexo 01.



**Tabla 3 — Operacionalización de las variables**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE/ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  SISTEMA AUTOMATIZADO	Usabilidad del sistema Cuestionario CSUQ (PERLMAN 2023)	Usabilidad	Porcentaje de aceptación
	Eficiencia	Tiempo de ahorro en lectura	Segundos
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  CONTROL DE TEMPERATURA	Rango de Control	Número de veces que la temperatura sale del rango óptimo	0: No hay desviaciones 1-2: Muy pocas desviaciones 3-5: Algunas desviaciones 6-10: Frecuentes desviaciones Más de 10: Desviaciones muy frecuentes
	Medición de la Temperatura	Número de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura	0: No hay mediciones 1-2: Muy pocas mediciones 3-5: Algunas mediciones 6-10: Frecuentes mediciones Más de 10: Mediciones muy frecuentes



## CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 3.1 Antecedentes

#### 3.1.1 Antecedentes internacionales

a) Según Chicaiza Ramos, Luis Javier (2022) en su trabajo de tesis titulada “Simulación y control del sistema de riego, temperatura y humedad dentro de un invernadero de 4500 metros cuadrados en la comunidad de San Miguel de Paquiestancia” logró un sistema de control el cual realiza una simulación y control de riego, temperatura y humedad dentro de un invernadero. Para desarrollar la simulación y control del sistema de riego, temperatura y humedad se usó los siguientes equipos, motor de ½ Hp monofásico y caja reductora ortogonal, termistor NTC 10K contra el agua, sensor de humedad HD-38, electroválvula S390-2W, PLC S7-200, siemens HMI KTP 400-Sismatic, fuente de alimentación 120 VAC-240 VAC, gabinete eléctrico.

El objetivo fue simular y controlar el sistema de riego, temperatura y humedad dentro de un invernadero productor de flores en el cantón Cayambe, dentro de la comunidad de San Miguel de Paquiestancia. La metodología de la investigación utilizada fue el método exploratorio, con el cual se prepararon los antecedentes de los alcances descriptivos en los sistemas que se estudiaron en la investigación. Los resultados muestran que, en base a los estudios y condiciones proporcionados por el propietario de la flor, se modeló el control de temperatura y humedad en el invernadero de rosas “Saron Roses”. Se muestra el uso de electroválvulas como aplicación en sistemas de riego, para la situación actual y la ampliación del invernadero, se instalaron 12 electroválvulas, una para cada área, con el fin de controlar la humedad alta y mejorar el riego en cada cama de la parcela, y para controlar la temperatura se utilizaron motorreductores. Para abrir las cortinas, también fue necesario examinar los nuevos resultados para el cambio individual y la distribución de potencia de salida del PLC.

b) Según García Ruiz (2020) en su tesis doctoral titulada “Estudio de la distribución de temperatura de aire en un invernadero tipo en Almería (“raspa y amagado”)” logró estudiar las condiciones de temperatura de aire con respecto a los



trabajadores, específicamente se analiza la heterogeneidad de temperatura de aire en el interior de un invernadero siguiendo los métodos recogidos en la norma ISO 7726. Para desarrollar el estudio se utilizó una red de sensores inalámbrica y se lleva a cabo una campaña experimental de un año de duración en un invernadero típico en Almería. Los resultados permiten caracterizar la distribución de temperatura de aire en el interior de un invernadero y confirma la existencia de heterogeneidad en la temperatura de aire conforme a la norma ISO 7726, así como identificar patrones en su distribución.

El objetivo fue estudiar el ambiente térmico en el interior de invernaderos y especialmente la influencia que tiene sobre el trabajador, porque la mayoría de estudios similares en invernaderos están centrados en el cultivo. Los resultados muestran que se supera el límite de riesgo establecido por la Organización Mundial de la Salud, por lo que se confirma que existe riesgo sobre la salud de los trabajadores de invernaderos por radiación ultravioleta.

- c) Según Hernández Sanz, Eva María (2019) en su tesis titulada “Desarrollo de un sistema de monitorización y control de un invernadero aplicando tecnología IoT” logró desarrollar un sistema de monitorización y control de un invernadero aplicando tecnología IoT. Para desarrollar la investigación usó un módulo ESP32-DevKitC, sensores, actuadores y otros componentes.

El objetivo general del proyecto fue diseñar e implementar un sistema de control inteligente para invernaderos domésticos. Los resultados muestran un prototipo completo, y por tanto se puede concluir que se han alcanzado muchos de los objetivos que se pretendían al comienzo del mismo. Sin embargo, hay aún mucho trabajo por hacer para conseguir un producto que pueda estar en el mercado, empezando, por ejemplo, con el diseño de una placa industrial profesional.

- d) Según Nata Rivera, Edisson David y Silva Pilaguano, Jonathan Stalin (2019) en su tesis titulada “Implementación de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura para cultivos de semillas de un invernadero del campus Salache” lograron desarrollar la implementación del módulo de monitoreo, registro y control de temperatura en el invernadero del campus Salache permitirá realizar la comprobación concisa de esta durante el proceso de la germinación adecuada de las semillas. Para desarrollar la investigación se usó un sensor de temperatura termocupla tipo J y K, PLC S7-1200, módulo de señales de termopar (SM 1231 AI 4 x 16 bits TC) y otros componentes. La metodología de investigación fue el



método analítico, con el cual lograron las mediciones de humedad y temperatura con diferentes sensores, por medio de la cual se obtuvo una base de datos, que permitió observar los rangos en los cuales varían los niveles de humedad y temperatura. Los resultados muestran que, por medio de la información adquirida referente a la automatización y control de temperatura se puede concluir cuales son los elementos destinados para el desarrollo de un sistema de implementación que permita registrar y controlar la temperatura de acuerdo a las necesidades de requeridas; asimismo, mediante el sistema de control se pudo disminuir el nivel de temperatura de acuerdo a las activaciones los diferentes procesos del caso 3, mediante la apertura de las ventanas laterales se observó una reducción entre  $6^{\circ}\text{C}$  y eventualmente con la activación de la ventilación forzada se redujo en un  $11^{\circ}\text{C}$  la temperatura con respecto a la máxima medida de  $41^{\circ}\text{C}$  dentro del invernadero.

- e) Según López Sobrino, David (2019) en sus tesis (master) titulada “Construcción de un invernadero y la implementación de diferentes técnicas de control para la humedad y la temperatura” se logró desarrollar la construcción de un invernadero y la implementación de diferentes técnicas de control como humedad y temperatura. Para desarrollar la investigación usó una construcción de una maqueta o invernadero, modelado matemático del invernadero, desarrollo e implementación de diferentes estrategias de control y validación de los resultados obtenidos.

El objetivo general del proyecto fue implementar un control PID en el invernadero. Se planteó la idea de reproducir todas las pruebas en el nuevo invernadero, así como explorar diferentes tipos de controladores, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos con diferentes controladores. Los resultados muestran que la construcción de un invernadero implica a diferentes ramas de la ingeniería, con un modelo simplificado no se obtiene un comportamiento exacto al del sistema real, los controladores LQR volvieron al sistema más lento, en comparación con los controladores PID y borroso y el algoritmo de control borroso es mucho más sencillo de interpretar que el resto de algoritmos de control vistos.



### 3.1.2 Antecedentes nacionales

- a) Según Berrios Gómez, Sebastián (2022) en su tesis titulada “Diseño de un sistema IOT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero” logró que mediante el diseño de un sistema IoT se monitorea y controla los parámetros del cultivo de lechugas en un invernadero. Para desarrollar la investigación se usó un sensor de temperatura y humedad (DHT22), un sensor de humedad del suelo, un sensor ultrasónico (HC-SR04), actuadores, protocolo ESP-NOW, base de datos Firebase y otros componentes.

El objetivo fue diseñar un sistema IoT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero. El tipo de la investigación fue tecnológica porque utilizan los conocimientos de ingeniería para aplicarlos en beneficio de la sociedad. El nivel de investigación fue explicativo porque permite determinar los efectos de la implementación de una solución tecnológica. Los resultados muestran que, se diseñó un sistema IoT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero, este sistema permite monitorear desde cualquier lugar los parámetros establecidos desde un principio, también permite controlar los actuadores. El sistema mantiene automáticamente en su rango óptimo la temperatura, humedad relativa y humedad del suelo.

- b) Según Utus Crispín, Jesús Ángel (2021) en su tesis titulada “Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero para el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021”, logró diseñar un sistema de control de temperatura de un invernadero, permitiendo la identificación de valores que faciliten el funcionamiento de los dispositivos que conforman el invernadero, con el objetivo de generar el ambiente adecuado para el crecimiento de los arándanos. Para desarrollar la investigación se usó un inversor cargador múltiple, regulador de carga MPPT, panel solar JAM60S10 320-340/PR, sensor NTC10, sensor LM35, ventiladores de circulación, calefactor ventilador PTC, microchip PIC16F628A, Arduino mega 2560 datasheet y otros componentes.

El objetivo fue diseñar un sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021. Se aplicó como diseño metodológico una investigación de nivel descriptivo, de diseño no experimental y transaccional. Por la naturaleza de la investigación se tiene un estudio de caso. Como técnica de recolección de datos se aplicó el análisis documental y como instrumento de investigación la ficha técnica. Los resultados



muestran que se logró diseñar un sistema de control de temperatura, permitiendo la identificación de valores que faciliten el funcionamiento de los dispositivos que conforman el invernadero, asimismo, se desarrolló un algoritmo de control acorde al sistema que se planteó, estableciéndose un control de temperatura regulando la potencia emitida por los actuadores y en consecuencia se obtuvo una notable disminución del consumo eléctrico.

- c) Según Aguilar Zavaleta, Samuel (2020) en su tesis titulada “Diseño de una solución basada en el internet de las cosas (IoT) empleando Lorawan para el monitoreo de cultivos agrícolas en Perú” logró definir el diseño de una solución sustentada en el Internet de las Cosas (IoT) utilizando la tecnología LoRaWAN para incrementar los indicadores de supervisión y control de los parámetros de producción de los cultivos agrícolas en el Perú. El escenario de la investigación es el distrito de Pachacútec, localizado en la provincia de Ica, departamento de Ica. Para desarrollar la investigación se usó sensores, circuito de control de riego, nodo final LoRaWAN, Gateway LoRaWAN, backhaul, servidor de red LoRaWAN, plataforma IoT y otros componentes.

El objetivo fue diseñar una solución basada en el Internet de las Cosas (IoT) empleando LoRaWAN para incrementar en 30% los niveles de monitoreo y control de los parámetros de producción de los cultivos agrícolas en el distrito de Pachacútec, provincia de Ica, departamento de Ica. La metodología de la investigación fue el método cuantitativo pues utiliza mediciones numéricas, simulaciones y análisis estadísticos para probar las hipótesis planteadas. Asimismo, posee un alcance exploratorio, pues investiga un problema existente en el Perú empleando una visión novedosa y del mismo modo, tiene un alcance descriptivo porque especifica las características técnicas y propiedades que deben cumplir los componentes que constituyen parte de la alternativa tecnológica propuesta. Los resultados muestran que, se logró proponer una solución tecnológica basada en el Internet de las Cosas en conjunto con LoRaWAN que incrementa los niveles de monitoreo y control actuales de los cultivos agrícolas en el distrito de Pachacútec, en un CUARENTA Y CUATRO (44%) por ciento, de acuerdo al Índice de Monitoreo Agrícola (IMA) establecido en la investigación. En tal sentido, el sistema IoT planteado logró monitorear 5 parámetros de producción agrícola (temperatura del suelo, humedad del suelo, pH, dióxido de carbono y conductividad eléctrica), logró que el tiempo de entrega de la

información se produzca en un máximo de una hora, la obtención de las mediciones se realiza de manera automatizada sin la intervención de personal, la información se almacenó en una nube computacional durante 5 años y el reporte de los cultivos se visualiza en un aplicativo móvil detallando la información numérica, gráficos, control de sistema de riego y bases de datos.

- d) Según Machaca Cutipa, Juan Carlos (2018) en su tesis titulada “Control predictivo multivariable y su eficacia en la optimización del clima de un Invernadero” logró que el algoritmo de control predictivo multivariable sea significativamente eficaz en la optimización del clima de un invernadero. Para desarrollar la investigación se usó controlador GPC para la temperatura y humedad, control DMC para la temperatura, controlador MPC, modelo dinámico de la humedad en el interior del invernadero y otros componentes.

El objetivo fue implementar un algoritmo de control predictivo multivariable para la optimización del clima de un invernadero. La metodología de investigación fue el método analítico para determinar unidades de análisis, como el proceso a controlar, así como también el sistema de control predictivo multivariable, asimismo, se utilizará el método síntesis, experimentación, e inducción. Los resultados muestran que, es posible optimizar el clima de un invernadero de forma eficaz aplicando algoritmos de control predictivo multivariable, teniendo en cuenta que controlando el clima de un invernadero es posible mejorar el nivel de producción agrícola en un invernadero.

- e) Según Morales Perez, Katherine (2018) en su tesis titulada “Diseño de un sistema de control automatizado para medir temperatura, humedad y riego de un invernadero de *Solanum lycopersicum*, centro poblado de Marian - Huaraz, 2018”, logró el control automatizado para medir la temperatura, humedad y riego, permitirá monitorear el cultivo en el centro poblado de Marian - Huaraz, 2018. Para desarrollar la investigación se usó Arduino UNO R3, DHT11 – sensor de temperatura y humedad, módulo 8 relés, protoboard, cable para conexiones, LCD – pantalla visualización, luces led – alerta, ventilador, bomba de agua, batería, resistencias y otros componentes.

El objetivo fue diseñar el sistema de control automatizado donde permita medir la temperatura, humedad y riego de un invernadero de *solanum lycopersicum*, en el centro poblado de Marian – Huaraz. La metodología de investigación fue el método cuantitativo, basado en pruebas estadísticas para brindar respuesta a los



objetivos establecidos en la investigación, además para realizar la prueba de hipótesis. Los resultados muestran que, existe una necesidad de crear un diseño de sistema de control automatizado de temperatura, riego y humedad de un invernadero, para la producción de cultivos de buena calidad, que consiga también se tomara el control adecuado así cuidándose de plagas entre otros enemigos naturales.

- f) Según Cayllahua Utani, Yon (2023) en su tesis titulada “Aplicación de un sistema de control basado en IoT para el balance de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga por hidroponía en el Distrito de Chilca, Lima, 2021”, logró que la aplicación de un sistema de control basado en IoT mejore el balance de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga por hidroponía en el distrito de Chilca, Lima, 2021. Para desarrollar la investigación se usó Raspberry Pi, Eps32, módulo RTC DS3231, módulo relay, sensores, actuadores y otros componentes.

El objetivo fue determinar en qué medida la aplicación de un sistema de control basado en IoT mejora el balance de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga por hidroponía en el distrito de Chilca, Lima, 2021. El tipo de investigación fue aplicada, porque emplea los conocimientos teóricos y los convierte en conocimientos prácticos para resolver problemas, transformando dichos saberes en adelantos y productos tecnológicos. Los resultados muestran que, la aplicación de un sistema de control basado en IoT mejora el balance de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga por hidroponía, reduciendo el consumo de agua en 9 litros para un área de 4 m<sup>2</sup>, asimismo, también se obtuvo una disminución en el consumo de la solución “A” en 60 ml y de la solución “B” en 18 ml, en el ácido fosfórico 2 ml e hidróxido de potasio 12 g que es parte fundamental en el balance de la solución nutritiva para una producción de 75 lechugas.

### 3.1.3 Antecedente local

- a) Según Paniura Huayhua, Mercedes (2022) en su tesis titulada “Comportamiento y rendimiento de tres variedades de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L) en condiciones de invernadero – Abancay–2020”, logró que una de las tres variedades de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L), tenga mejor comportamiento y rendimiento en condiciones de invernadero en Abancay-2020. Para desarrollar la investigación se usó materiales de gabinete, equipo, materiales de campo, material biológico, insumos agrícolas y otros componentes.



El objetivo fue evaluar el comportamiento y rendimiento de tres variedades de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L), en condiciones de invernadero – Abancay-2020. El método para esta tesis de investigación fue cuantificable, numérico y manipulable según las diferentes variables, asimismo, el estudio pertenece a una investigación de tipo exploratorio y un enfoque cuantitativa. Los resultados muestran que, se identificó la fase fenológica de las tres variedades donde mostraron un comportamiento diferente en cuanto a fenología, fue más precoz en la variedad red cherry small (V3) respecto en la formación de racimos florales que llegó a los 30 días después del trasplante al 100% e inicio de cosecha a los 66 días, en cuanto a las variedades Red cherry large (V1) y Yellow pear (V2) manifestaron un comportamiento similar, en formación de racimos florales llegaron al 100% a los 38 días e inicio de cosecha a los 74 días. Red cherry small más Compost (V3C1) en altura de planta obtuvo mayor promedio con 1.97 m. En número de frutos/planta se observó que existe diferencias altamente significativas entre variedades obteniendo para la V3 con mayor respuesta de 193.31 frutos. En peso de frutos/planta Red cherry large más compost (V1C1) logró los mejores promedios con 1533.8g.

- b) Según Ibarra Cabrera, Manuel J. y Otros (2020) en su artículo académico titulada “NFT-I technique using IoT to improve hydroponic cultivation of lettuce” logró el diseño e implementación del sistema hidropónico NFT-I basado en IoT, y es una variante de los sistemas NFT y Floating Root (RF) tradicionales. El escenario de la investigación es la ciudad de Abancay de la región de Apurímac en el Perú. Este sistema mide varios parámetros como la temperatura, el nivel del agua y la acidez (pH). El sistema recopila información mediante sensores conectados a microcontroladores Arduino y Raspberry PI para almacenar los datos recopilados. Los resultados muestran que el sistema puede reducir el consumo de electricidad en un 91,6%; por otro lado, ayuda a los agricultores a mejorar la eficiencia y eficacia del monitoreo y control de la granja hidropónica NFT-I. Finalmente, este sistema NFT-I puede ayudar a las personas a establecer de manera rápida y económica sistemas de cultivo de hortalizas en un período de recesión económica y necesidades diversas debido a la enfermedad del coronavirus (COVID-19).



### 3.2 Marco teórico

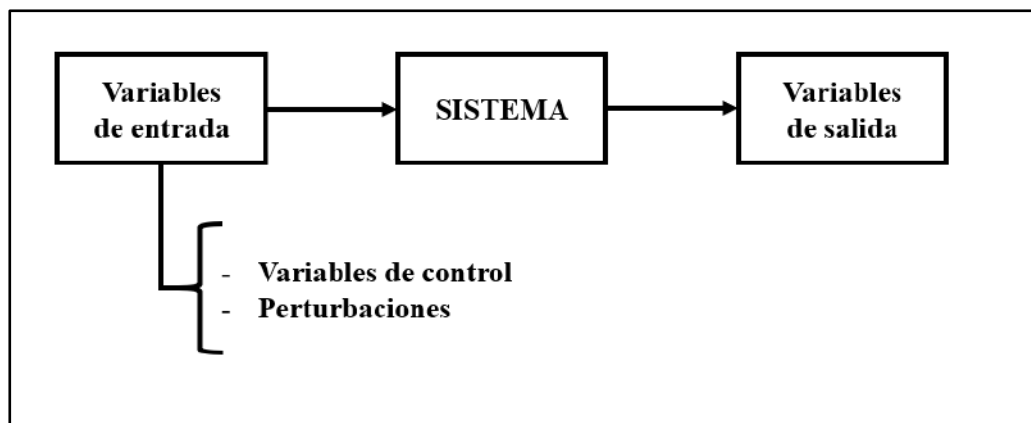
#### 3.2.1 Sistema automatizado

El objetivo del control automático es mantener un valor deseado dentro de una cantidad o condición determinada midiendo el valor actual, comparándolo con el valor deseado y usando la diferencia para comenzar a reducirlo. Como resultado, el control autónomo requiere un sistema de acción y reacción de circuito cerrado que funcione sin intervención humana (RODRÍGUEZ Y ULCUANGO, 2018).

Asimismo, el sistema de control se encarga de procesar las señales entrantes y salientes para compararlas con los parámetros programados, independientemente de posibles errores (CHICAIZA, 2022).

Asimismo, un sistema dinámico está formado por elementos o entidades que reciben estímulos o efectos externos, también conocidos como variables de entrada, que implican ciertos cambios que provocan en el sistema, llamados variables de salida. Esta respuesta externa en el sistema se divide en dos grupos llamados variables de control y variables de perturbación; en el primer caso se puede ejercer un cierto grado de control dentro de ciertos límites, pero en el segundo caso esta característica no es posible (COPACONDORI, 2018).

La Figura 1 muestra la información del esquema general de un sistema, con variables de entrada y salida:



FUENTE: Copacondori, Edwin Jhonatan (2018)

**Figura 1 — Esquema general de un sistema (auditoria)**

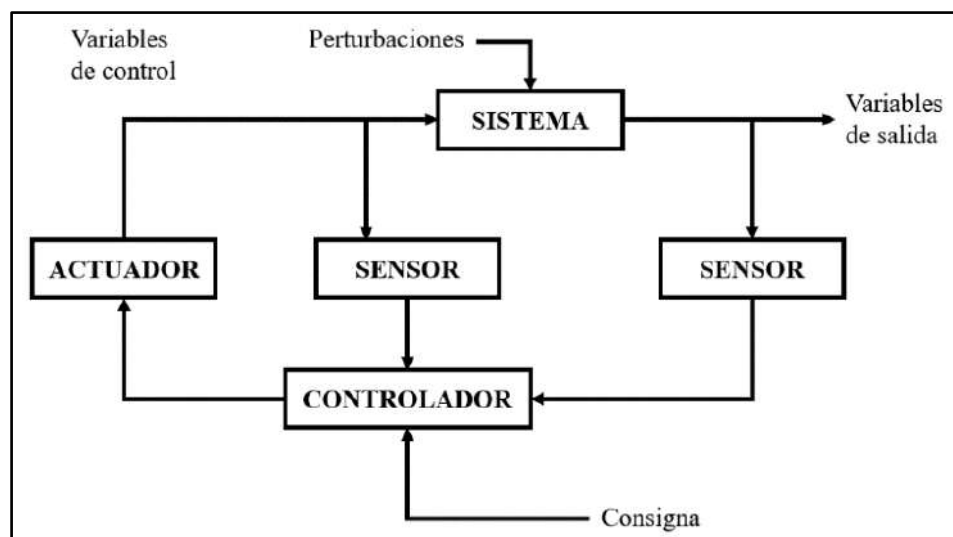
El propósito de un sistema de control es encontrar el efecto o dominio en la variable de salida manipulando la variable de control para encontrar o producir un valor predeterminado. Estos sistemas logran el mayor grado de control que idealmente se



puede lograr al cumplir con algunas de las siguientes pautas o requisitos que se plantean a continuación (COPACONDORI, 2018):

- a) Permitir que exista estabilidad y específicamente ser estructurado frente a incidencias y faltas en modelo.
- b) Se busca que el sistema sea eficiente, en lo posible, para garantizar el proceso; esto significa que las acciones de control en las variables sean accesibles y ejecutadas para contrarrestar comportamientos irreales.
- c) Ser un sistema que se caracterice por ser implantador y versátil, en cuanto a su operación en tiempo real, con el apoyo de una computadora. Los aspectos elementales, que son parte del sistema de control y que puedan acceder a su manipulación, se menciona a continuación:

- **Sensores:** Son elementos que permiten reconocer los valores en las mediciones de variables de un sistema. Controladores: Empleando valores determinados por sensores y regla impuesta, que tienen la función de calcular en su aplicación para cambiar en las variables que lo controlan, según cada estrategia.
- **Actuador:** Es la acción que implica la ejecución de calcular por los controladores y que hace modificar las variables de control, la Figura 2 se observa el croquis o ruta de funcionamiento del proceso de control de manera genérica.



FUENTE: Copacondori, Edwin Jhonatan (2018)

**Figura 2 — Esquema general de un sistema de control (auditoria)**



### 3.2.1.1 Características de un sistema automático

A continuación, se expone una lista de las características que tiene un sistema automático (COPACONDORI, 2018):

- a) **Indicador de corriente de ingreso:** Se considera como un reforzador, aplicando un sistema desde el inicio como fuente de energía externa, con el fin que los sistemas puedan producir una conclusión o respuestas precisa.
- b) **Indicador de corriente de salida:** Es la respuesta derivada del sistema y no puede asociarse con la respuesta aceptada por la entrada.
- c) **Variable de manipulación:** Es un elemento que cambia de tamaño y así logra la respuesta deseada. En otras palabras, la movilidad se aplica a la entrada de secuencias.
- d) **Variable de control:** Nos dice qué elemento verificar; en otras palabras, determina el resultado del proceso.
- e) **Conversión:** El cambio manifestado en la variable se origina en el receptor.
- f) **Variaciones exógenas:** Contamos con factores que influyen en la secuencia de modificaciones para cambiar la conducta.
- g) **Fuentes de energía:** Suele proporcionar o suministrar la energía suficiente para realizar determinadas actividades.
- h) **Retroalimentación:** Esta es una cualidad única en los sistemas de control de sistemas cerrados. Es una correlación secuencial o secuencial de causa y efecto (es decir, causa y efecto) entre variables relacionadas. Dependiendo de las acciones correctivas tomadas por el sistema (que a su vez pueden sustentar la decisión), la retroalimentación negativa se menciona cuando se realiza o se genera una recompensa; por otro lado, se da retroalimentación positiva cuando se apoya la decisión original.
- i) **Variable de fase:** Son los indicadores o dimensiones de la transformación del sistema original desde una forma normativa controlable, de esta herencia se puede derivar un sistema de control, cuyas características deben ser completas para poder controlar mejor el sistema.

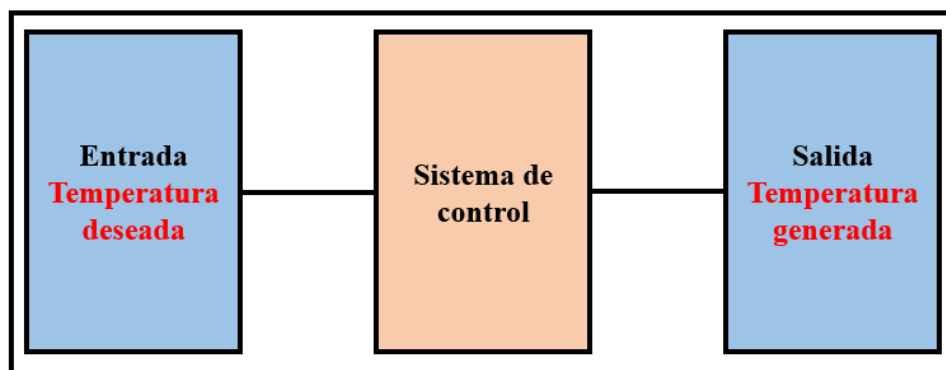


### 3.2.1.2 Tipología en sistema de control

Para lograr el control sobre cualquier equipo, herramienta, sistema o proceso en una entidad, un grupo de componentes hidráulicos, eléctricos o mecánicos deben recolectar mutuamente un conjunto de información sobre su procesamiento y funcionamiento, cuya información es comparada. o probado, pueden cambiar la configuración a implementar o modificar el proceso de acuerdo a los requerimientos de la demanda (COPACONDORI, 2018).

Esta capacidad de cambiar y moverse regularmente se denomina sistema de control, que está sujeto a mecanismos matemáticos; para analizarlos se supone que sus componentes contienen lógica para enviar y recibir información que produce cambios o respuestas en el sistema (COPACONDORI, 2018).

Estos sistemas generales se pueden visualizar, mediante la Figura 3, usando bloques conectados en un patrón rectangular o flechas en el diagrama a continuación, que muestra la interconexión de los componentes y los resultados que producen. La forma más fácil de comprender esta lógica es comprender y observar los procesos de control que permiten que la información fluya hacia adentro y hacia afuera y realice cambios. Ejemplo: Sistema de botones para un horno de cocina (COPACONDORI, 2018).



FUENTE: Copacondori, Edwin Jhonatan (2018)

**Figura 3 — Sistema de control (auditoria)**

## **Sistema de control manual**

### **a) Características**

Un control de comando es aquel cuyas actividades son controladas o dirigidas por una mano en lugar de un administrador del sistema (COPACONDORI, 2018).

### **b) Tipos**

Es claro que la acción humana es una acción dirigida a un sistema de control y evaluación; por ejemplo, la acción que tiene al frenar o acelerar en un evento de conducción de automóviles.

Es claro que la acción humana es una acción dirigida a un sistema de control y evaluación; por ejemplo, la acción que tiene al frenar o acelerar en un evento de conducción de automóviles.

Se realiza una clasificación de los sistemas de control según su comportamiento y medición (COPACONDORI, 2018):

- Control
- Detectar desviaciones
- Controlador (electrónico)

## **Sistema de control automático**

Los sistemas de respuesta son activados por dispositivos operados manualmente y su respuesta es automática sin intervención humana. En cuanto al tipo de sistema automático, hay dos modos. Una señal en lazo abierto siempre depende de la entrada donde se encuentre en cualquier circuito de control, por lo que se debe conocer el tipo de entrada, mientras que un sistema en lazo cerrado depende de la salida, es decir, de la retroalimentación que produce la señal, en cuyo caso la entrada cambia de estado (COPACONDORI, 2018).

### **a) Sistema de control de lazo abierto**

Es un sistema en el que sólo participa el proceso de comunicación de entrada, y la señal de salida resultante no depende necesariamente de la señal de entrada, sino que continúa por encima de la primera señal. Esto



significa que no hay retroalimentación de los controladores que se pueden configurar para controlar las acciones. En otras palabras, esta señal de salida no se puede convertir en una señal de entrada del controlador (COPACONDORI, 2018).

**Ejemplo A:** Para llenar un tanque de agua, la regulación está en su sistema o dispositivo que se encarga de regular el llenado de agua; es así que una manguera que llene el tanque, se cerrará de manera automática cuando esta llegue a su límite.

**Ejemplo B:** En un equipo doméstico como una tostadora, nosotros hacemos que el tiempo sea regulado mediante el dispositivo para que el producto sea comestible y no llegue a quemar.

#### **b) Sistema de control de lazo cerrado**

Este es el nombre de un sistema cuyas acciones de control se basan en señales de comunicación y salida. Un proceso de sistema cerrado usa retroalimentación y luego el resultado final, la acción de control, para ajustar el efecto (COPACONDORI, 2018).

Los controles de lazo cerrado son importantes cuando se presenta una de las siguientes situaciones:

- Cuando el hombre no puede controlar el sistema.
- Un gran y complejo de sistema que el hombre no podría controlar y se necesita toda una regulación sistematizada.
- También se entiende que el hombre es sensible al cansancio y fatiga, por lo que estos sistemas son pertinentes para su accionar automático y el hombre pueda garantizar su normal funcionamiento.

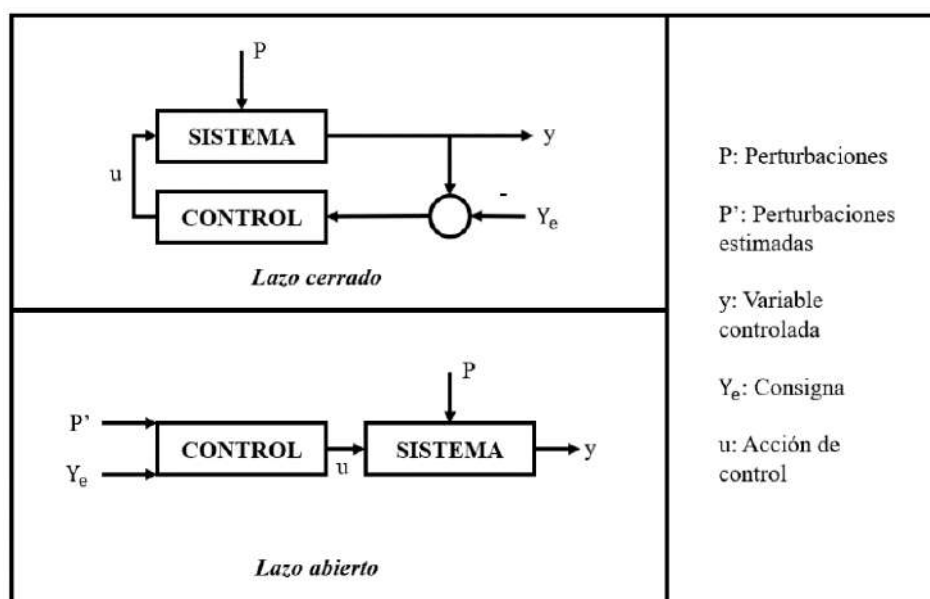
Sus cualidades son:

- Ser sistemas complejos y enormes en cantidades de parámetro.
- La comparación de entrada y salida afecta a los sistemas de control del circuito. Su labor importante es retroalimentar.
- Tener capacidad de estabilidad a la perturbación y variabilidad interna.

**Un ejemplo vital sería:** Los termostatos que se autorregulan cuando el agua llega a su límite y no podemos manejarlo de manera manual, porque su sistema opera automáticamente en su cerrado.

**Otro ejemplo sería:** Los depósitos o tanques de inodoros, cuando la boya flotante sube hace que el sistema se cierre y no pueda circular o pasar más agua.

La Figura 4 muestra la información de la comparación del control lazo cerrado y control lazo abierto:



FUENTE: Copacondori, Edwin Jhonatan (2018)

**Figura 4 — Control lazo cerrado vs. Control lazo abierto**

### Características de un sistema automático

Según Copacondori Quispe, Edwin Jhonatan (2018) lista las siguientes características:

- a) Indicador de corriente de ingreso
- b) Indicador de corriente de salida
- c) Variable de manipulación
- d) Variable de control
- e) Conversión
- f) Variaciones exógenas
- g) Fuentes de energía



h) Retroalimentación

i) Variable de fase

### 3.2.1.3 Raspberry Pi

Una Raspberry Pi "es una computadora del tamaño de una tarjeta de crédito que se conecta a un televisor o monitor, junto con un teclado y un mouse. Puede usarla para aprender a codificar y crear proyectos electrónicos, junto con muchas cosas que puede hacer una PC de escritorio, como hojas de cálculo, procesamiento de textos, navegar por Internet y jugar juegos. También puede transmitir video de alta definición. Adultos y niños de todo el mundo están usando Raspberry Pi para aprender a programar y crear digitalmente" (CAYLLAHUA, 2023, p. 27).

#### Modelos de Raspberry Pi

Estos son los modelos de Raspberry Pi que están disponibles actualmente: el Pi 400, Pi 4 Model B, Pi 3 Model B, el Pi 2 Model B, el Pi Zero, el Pi Zero W y el Pi 1 Model B + y A +. La Figura 5 muestra la información de los modelos de Raspberry Pi con sus características:

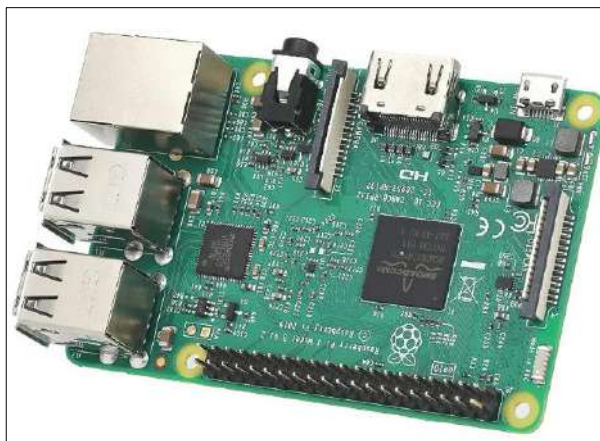
	Raspberry Pi 3B	Raspberry Pi 3B+	Raspberry Pi 4B	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi Zero W	Raspberry Pi A+	Raspberry Pi 3A+
Procesador	Broadcom BCM2837	Broadcom BCM2837B0	Broadcom BCM2711B0	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2837B0
CPU	1.2Ghz Quad Core	1.4Ghz Quad Core	1.5Ghz Quad Core	1Ghz Single Core	1Ghz Single Core	700MHz Single Core	1.4Ghz Quad Core
GPU	400MHz	400MHz	500MHz	No aplica	No aplica	400MHz	400MHz
RAM	1GB	1GB	1GB/2GB/4GB	512MB	512MB	512MB	512MB
USB	4 USB 2.0	4 USB 2.0	2 USB 2.0/ 2 USB 4.0	1 Micro USB	1 Micro USB	1 USB 2.0	1 USB 2.0
Vídeo	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Jack, 2 Micro HDMI	Micro HDMI	Micro HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI
Audio	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Jack, micro HDMI	Micro HDMI	Micro HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI
Memoria	Micro SD	Micro SD	Micro SD	Micro SD	Micro SD	Micro SD	Micro SD
Wireless	Wifi 2.4 Ghz Bluetooth 4.1BLE	Wifi 2.4 y 5 Ghz Bluetooth 4.2BLE	Wifi 2.4 y 5 Ghz Bluetooth 5.0BLE	No aplica	Wifi 2.4 Ghz Bluetooth 4.0	No aplica	Wifi 2.4 y 5 Ghz Bluetooth 4.2BLE
Ethernet	Ethernet 10/100	Gigabit Ethernet 300	Gigabit Ethernet 1000	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Alimentación	5V 2.5Amp	5V 2.5Amp	5V 3Amp	5V 2Amp	5V 2Amp	5V 2Amp	5V 2.5Amp
GPIO	40 Pines	40 Pines	40 Pines	40 Pines	40 Pines	40 Pines	40 Pines
Dimensiones	85x56x17 mm	85x56x17	88x58x19 mm	65x30x5	65x30x5	65x56x12	65x56x12 mm

FUENTE: Raspberry Pi (2023)

Figura 5 — Modelos de Raspberry Pi

Para el desarrollo de esta investigación se utiliza el Raspberry Pi 3 Modelo B+, como se muestra en la Figura 6:





FUENTE: Raspberry Pi (2023)

**Figura 6 — Raspberry Pi 3 Modelo B +**

#### **3.2.1.4 Microcontrolador**

Un microcontrolador es un circuito integrado digital de un solo chip que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable de la arquitectura Harvard o Princeton (Von Neumann). A menudo se lo denomina microprocesador integrado o embebido (procesador embebido) y está especialmente orientado a tareas de control y comunicación (REÁTEGUI, 2019).

De igual forma, se trata de dispositivos que leen los estados de los sensores, los interpretan y, en función de los resultados, producen algún tipo de respuesta a los activadores. A nivel de hardware, una solución de IoT consiste en un conjunto de sensores que generan datos de entrada, un conjunto de activadores que son generados por el sistema y un microcontrolador que recibe datos de los sensores, los analiza, algunos de ellos son transferidos a la nube y, según la aplicación, controla las funciones eléctricas; lo anterior también depende del análisis de la información y la integración con otras tecnologías como inteligencia artificial, realidad virtual, etc. (QUIÑONEZ, 2019).

Por otro lado, Berrios Gómez Sebastián, indica que es un circuito integrado que consta de una unidad central de procesamiento (CPU), memoria (RAM o ROM) y dispositivos de entrada y salida. Está diseñado para crear un solo programa que se puede almacenar en su memoria, sensores y actuadores conectados a periféricos de entrada y salida para controlar el dispositivo (BERRIOS, 2022).

### 3.2.1.5 Internet de las cosas (IoT)

#### a) Elementos en IoT

Los elementos que intervienen en el IoT son (MORA Y ROSAS, 2019):

- Sensores, actuadores y periféricos.
- Dispositivos hardware (Microcontroladores o MCU) es un dispositivo con el cual se realizará la interacción.
- Conectividad es el medio de comunicación con el que se comunicará el hardware con la red, sea este alámbrica o inalámbrica como: Ethernet, WiFi, GPRS, LPWAN, Zigbee, Bluetooth BLE, 6LoWPAN, Sigfox, etc.
- Protocolos de comunicación son lenguajes para la comunicación del hardware con el software de aplicación como HTTP, MQTT, API REST, etc.
- Plataformas software sirven para tratar los datos recogidos por nuestros sensores y luego almacenarlos. Estas plataformas que se encuentran en la nube pueden ser: AWS, CarrIoTs, Thingspeak, Temboo, Thinger, etc.
- Servicios son los ofrecidos por las plataformas software que desean exponer datos recolectados, enviar avisos o alertas cuando se detecte un suceso.

#### b) Arquitectura

Aunque se han propuesto varias arquitecturas de IoT, no existe un consenso general, y diferentes estudios proponen modelos arquitectónicos que cubren diferentes aspectos de IoT con más o menos detalle. A continuación, se muestran algunas de las arquitecturas más relevantes (GONZÁLES, 2017).

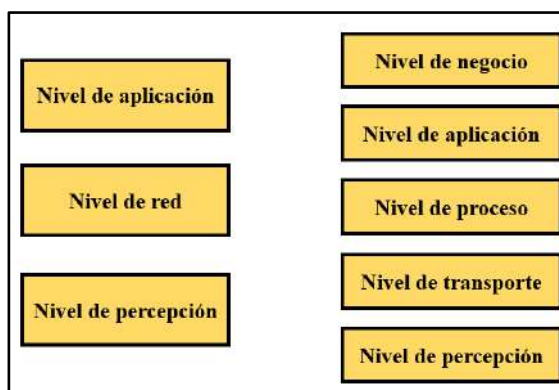
##### Arquitectura de tres niveles

Una de las arquitecturas más básicas, es la arquitectura de tres niveles: Nivel de percepción, nivel de red y nivel de aplicación.

- El nivel de percepción es el nivel físico, donde los sensores recogen información del entorno.



- El nivel de red es el responsable de conectar los sensores y servidores entre sí para transmitir y procesar los datos recogidos por los sensores.
- El nivel de aplicación es donde IoT puede ser desplegado en diferentes áreas de aplicación. La Figura 7 muestra la información de la arquitectura de 3 y 5 niveles.



FUENTE: Gonzáles, Antonio Jesús (2017)

**Figura 7 — Arquitectura de 3 y 5 niveles**

### **Arquitectura de cinco niveles**

Se compone de capa de percepción, capa de transmisión, capa de proceso, capa de aplicación y capa de negocio. En este modelo arquitectónico, los niveles de percepción y aplicación son los mismos que en la arquitectura de tres niveles. En cuanto al resto de niveles:

- El nivel de transporte, transfiere los datos de los sensores mediante redes 3G, LAN, Bluetooth, RFID y NFC, desde el nivel de percepción al nivel de proceso y viceversa.
- El nivel de proceso almacena, analiza y procesa grandes cantidades de datos procedentes del nivel de percepción. Puede proporcionar y gestionar servicios los niveles más bajos utilizando tecnologías de base de datos cloud computing y big data.
- El nivel de negocio gestiona las aplicaciones, el modelo de negocio y la privacidad.

### c) Plataformas IoT

El software de la plataforma IoT integra sensores, actuadores, herramientas y dispositivos industriales en el entorno digital, creando redes de comunicación y generando información valiosa (BERRIOS, 2022).

A continuación, se nombran algunas plataformas IoT que se encuentran en el mercado:

- Adafruit IO
- Amazon Web Services IoT
- Arduino IoT Cloud
- Azure IoT Hub
- B-scada
- Carriots
- Google cloud platform
- IBM Bluemix
- Machina.IO
- myDevices Cayenne
- Nimbits
- Oracle Internet of Things Cloud Service
- Plot.ly
- Samsung Artik
- Thingspeak
- Ubidots
- Watson IoT
- Xively

### d) Aplicación IoT

El concepto de conectar sensores, actuadores, computadoras y redes para monitorear y controlar varios dispositivos se vio hace décadas. Sin embargo, la última combinación de diferentes tendencias en el mercado tecnológico acerca el Internet de las Cosas a la realidad (BERRIOS, 2022). En la Tabla 4 se aprecian algunos de los muchos entornos en los cuales se pueden desarrollar aplicaciones IoT:



Tabla 4 — Entornos para aplicaciones IoT

Entorno	Descripción	Ejemplo
Cuerpo Humano	Dispositivos que se adjuntan o insertan en el cuerpo humano.	El dispositivo monitorea y mantiene la salud y el bienestar del cuerpo, trata enfermedades, mejora el estado físico y aumenta la productividad.
Hogar	Edificios de vivienda.	Sistemas de seguridad y dispositivos de control para el hogar.
Puntos de venta	Espacios comerciales.	Tiendas, bancos, restaurantes, estadios, cualquier lugar donde los clientes consuman y compren; sistema de pago autoservicio, ofertas de compra directa, optimización de inventarios.
Oficinas	Espacio donde trabajan los trabajadores de cierto sector.	Gestión de energía y seguridad en edificios de oficinas; productividad mejorada, incluso para trabajadores móviles.
Fábricas	Entornos de producción estandarizados.	Lugares con procedimientos de trabajo frecuentes, como hospitales y granjas; eficiencia operativa, optimización de equipos y utilización de inventarios.
Obras	Entornos de producción a medida.	Minería, petróleo y gas y construcción; eficiencia operativa, mantenimiento predictivo, salud y seguridad
Vehículos	Sistemas dentro de vehículos en movimiento.	Vehículos, incluidos automóviles, camiones, barcos, aviones y trenes; Mantenimiento basado en la condición actual del vehículo, diseño basado en el uso, análisis de preventa.
Ciudades	Entornos urbanos.	Espacio público e infraestructura urbana; sistema de control de tráfico adaptativo, contador inteligente, monitorización medioambiental, gestión de recursos.
Exteriores	Entre zonas urbanas y no urbanas.	Los usos al aire libre incluyen ferrocarriles, vehículos autónomos

		(fuera de ubicaciones urbanas) y aeronáutica; Enrutamiento en tiempo real, navegación conectada y seguimiento de envíos.
FUENTE: Berrios, Sebastián (2022)		

### 3.2.1.6 Aplicación web

Una aplicación web es una herramienta de computación avanzada que ofrece al usuario final una variedad de tareas. Se pueden integrar con bases de datos y aplicaciones comerciales (ARIAS, 2019).

Las aplicaciones web son una de varias categorías diferentes de software. Sin embargo, se podría argumentar que las aplicaciones web son diferentes. Se cree que los sistemas y aplicaciones basados en la web incluyen "una combinación de publicación impresa y desarrollo de software, marketing e informática, comunicaciones internas y relaciones externas, y arte y tecnología". La mayoría de las aplicaciones web tienen los siguientes atributos (ARIAS, 2019):

#### a) Uso intensivo de redes

Las aplicaciones web existen en una red y deben satisfacer las necesidades de una comunidad diversa de clientes. Las redes brindan acceso a comunicaciones globales (como Internet) o tienen acceso y comunicación limitados (como una intranet corporativa).

#### b) Concurrencia

Muchos usuarios pueden acceder a las aplicaciones web simultáneamente. Los usuarios finales suelen tener patrones de uso muy diferentes.

#### c) Carga impredecible

El número de usuarios de aplicaciones web cambia en varias órdenes de magnitud cada día. Quizás 100 personas lo usen el lunes y quizás 10,000 personas lo usen el jueves.

#### d) Rendimiento

Si un usuario de la aplicación web debe esperar demasiado (para la entrada, el procesamiento del servidor, el formato y el despliegue del lado del cliente), puede decidir cambiar a otro lugar.



**e) Disponibilidad**

Aunque no es razonable esperar un tiempo de actividad del 100%, los usuarios de aplicaciones web populares normalmente requieren acceso 24 horas al día, 7 días a la semana. Los usuarios de Australia o Asia pueden necesitar acceso a aplicaciones de software internas heredadas en América del Norte cuando no están en línea para mantenimiento.

**f) Orientada a los datos**

La función principal de muchas aplicaciones web es utilizar hipermédios para presentar contenido en forma de texto, gráficos, audio y video a los usuarios finales. Además, las aplicaciones web se utilizan a menudo para acceder a información que reside en bases de datos que no son parte integral del entorno web (como el comercio electrónico o las aplicaciones financieras).

**3.2.1.7 Aplicación móvil**

En general, una aplicación móvil se refiere a un software diseñado para distribuir determinadas funciones. En este sentido, “las aplicaciones móviles consisten en software que se ejecuta en dispositivos móviles (teléfonos y tabletas) y realiza determinadas tareas para el usuario” (LLIULLI, 2021).

Para resumir la definición, podemos decir que una aplicación móvil es un software (programa) dedicado a un sistema operativo móvil que permite una fácil interacción con un usuario o servidor cliente (LLIULLI, 2021).

**a) Sistema operativo**

Un sistema operativo se ocupa de ejecutar aplicaciones que actúan como una interfaz para el hardware. Asimismo, "un sistema operativo es un programa que controla la ejecución de aplicaciones y programas que actúan como interfaz entre las aplicaciones y el hardware de la computadora". Pero Stallig también señaló que el sistema operativo incluye los siguientes objetivos (LLIULLI, 2021):

- Fácil uso
- Eficiencia
- Capacidad evolución



## b) Plataformas móviles

- **Android**

Android consta de aplicaciones como Java que brindan acceso a través de una máquina virtual y son fáciles de programar. Al respecto, Castellanos dijo en la presentación de Android: "Android se lanzó en 2007, pero no fue hasta octubre de 2008 que se vendió el primer teléfono móvil con este sistema operativo. Se basa en una versión modificada de Linux 2.6", también señala que el código fuente se publica bajo la licencia Apache. Sin embargo, Castellanos también comentó sobre el sistema operativo antes mencionado: "La estructura del sistema operativo Android está definida por el marco que se ejecuta en él consta de aplicaciones escritas en Java", estas bibliotecas contienen componentes que complementan el lenguaje Java y pueden acceder a la máquina virtual Dalvik (LLIULLI, 2021).

- **Windows Phone OS**

Es un sistema operativo móvil compacto desarrollado por Microsoft para teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles. Anteriormente conocido como Windows Mobile, es un sistema operativo desarrollado por Microsoft, una de las empresas más grandes del mercado. Su núcleo se basa en el sistema operativo Windows CE y contiene un conjunto básico de aplicaciones que utilizan la API de Microsoft Windows (LLIULLI, 2021).

- **iOS**

Apple lanzó el sistema operativo iOS en 2007, y en esta versión recibió algunas críticas positivas debido a la calidad de sus aplicaciones, haciendo referencia a la abstracción de la capa Mac OS X: la capa básica del sistema operativo, la capa de servicios básicos, la capa multimedia, y la capa Cocoa Touch (LLIULLI, 2021).

### 3.2.1.8 Aplicación telegram bot

En Telegram, puede enviar e intercambiar información en una variedad de soportes, como voz, fotos, emoticonos, videos, músicas, enlaces URL y



archivos. Además, tiene algunas características que lo hacen ideal para su uso (ÁNGEL, 2022).

Entre la característica más importante de Telegram es la creación de Bots (ÁNGEL, 2022).

- a) No se necesita instalarlos y se integran como si fuese una persona real.
- b) Se controla enviando mensajes con comandos configurados previamente.
- c) Son totalmente automatizadas.
- d) Se pueden crear distintos tipos de bots.
- e) El contenido y las funciones dependen de las configuraciones que se establezcan para el bot.

Los bots son programas de computadora que pueden comunicarse de forma automática con los usuarios y hacer cosas como reservar hoteles, comprar en línea, conocer estados de cuenta y controlar dispositivos de IoT. Se ha utilizado una tecnología de código abierto actual para implementar un bot en el sistema de mensajería Telegram, programando rutinas que permiten la comunicación entre un programa local y Telegram (ZUBIRIAS, Y OTROS, 2022).

### 3.2.1.9 Módulo relé

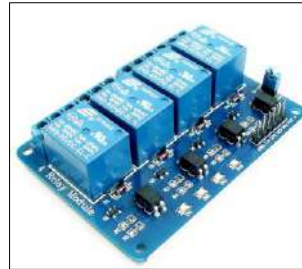
Los relés se utilizan para controlar otros circuitos que operan a un voltaje más alto que este. En el sistema que se diseñó, el módulo de relés se encargará de encender o apagar la bomba de agua, que se encarga de liberar el agua (SUPO, 2019).

#### a) Módulo relé de 4 canales

El módulo cuenta con 4 relés de alta calidad fabricados por Songle y es capaz de manejar cargas de hasta 250V/10A. Cada canal está eléctricamente aislado por optoacopladores y LED indicadores de estado. Está diseñado para funcionar tan fácilmente con Arduino como con muchos otros sistemas como Raspberry Pi, ESP8266 (NodeMCU y Wemos), Teensy y Pic. Este módulo de relé activa una salida normalmente abierta (NO: Normalmente Abierta) cuando recibe un "0" lógico (0 voltios) y desactiva la salida cuando recibe un "1" lógico (5



voltios). Para Arduino y programas de relés se recomienda utilizar un temporizador con la función "milli()" y por lo tanto no utilizar un "delay" que impida que el sistema continúe cuando el relé está encendido/apagado. En la Figura 8 se muestra el Módulo Relay de 4 canales (NAYLAMPMECHATRONICS, 2015):



FUENTE: <https://naylampmechatronics.com/>

**Figura 8 — Módulo Relay 4ch 5Vdc**

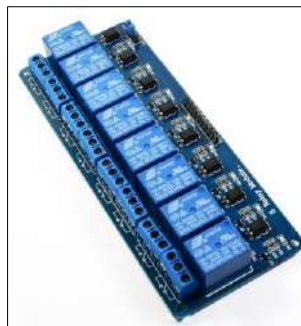
#### **Especificaciones Técnicas:**

- Voltaje de operación: 5V DC
- Señal de control: TTL (3.3V o 5V)
- N° de relé (canales): 4 CH
- Modelo relé: SRD-05VDC-SL-C
- Capacidad máxima: 10A/250VAC, 10A/30VDC
- Corriente máxima: 10A (NO), 5A (NC)
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
- Para activar salida NO: 0 Voltios
- Entradas opto-acopladas
- Indicadores LED de activación

#### **b) Módulo relé de 8 canales**

El módulo cuenta con 8 relés de alta calidad fabricados por Songle y es capaz de manejar cargas de hasta 250V/10A. Cada canal está eléctricamente aislado por optoacopladores y LED indicadores de estado. Está diseñado para ser tan fácil de usar con Arduino como lo es con muchos otros sistemas como Raspberry Pi, ESP8266 (NodeMCU y Wemos), Teensy y Pic. Este módulo de relé activa una salida normalmente abierta (NO: Normalmente Abierto) cuando recibe un "0" lógico (0 voltios) y desactiva la salida cuando recibe un "1" lógico (5

voltios). Para Arduino y programas de relés se recomienda utilizar un temporizador con la función "millis()" y por lo tanto no utilizar un "delay" que impida que el sistema continúe cuando el relé está encendido/apagado. En la Figura 9 se muestra el Módulo Relay de 8 canales (NAYLAMPMECHATRONICS, 2015):



FUENTE: <https://naylampmechatronics.com/>

**Figura 9 — Módulo Relay 8ch 5Vdc**

#### **Especificaciones Técnicas:**

- Voltaje de operación: 5V DC
- Señal de control: TTL (3.3V o 5V)
- N° de relé (canales): 8 CH
- Modelo relé: SRD-05VDC-SL-C
- Capacidad máxima: 10A/250VAC, 10A/30VDC
- Corriente máxima: 10A (NO), 5A (NC)
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
- Para activar salida NO: 0 Voltios
- Entradas opto-acopladas
- Indicadores LED de activación

#### **3.2.1.10 Sensores**

##### **a) Sensor de Conductividad Eléctrica (CE)**

La conductividad eléctrica de una solución se mide mediante una sonda EC. Se utiliza comúnmente en acuicultura, hidroponía y sistemas de agua dulce para controlar la cantidad de nutrientes, sales o impurezas presentes en el agua. La sonda de conductividad tiene dos electrodos colocados uno frente al otro. Cuando se aplica un voltaje de CA a los electrodos, los cationes se mueven al electrodo cargado negativamente y los aniones se mueven al electrodo cargado positivo. La conductividad eléctrica



aumenta con la cantidad de electrolito libre presente en el líquido. En la Tabla 5 se muestran sus características de acuerdo a la ficha técnica, y en la Figura 10 se muestra el sensor de CE (ATLAS SCIENTIFIC, 2024):

**Tabla 5 — Características sensor de CE**

CARACTERÍSTICAS	
<b>Lee</b>	Conductivity
<b>Rango</b>	0.07 – 50,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>Exactitud</b>	$\pm 2\%$
<b>Tiempo de respuesta</b>	90% en 1s
<b>Rango de temperatura °C</b>	1 – 110 °C
<b>Presión máxima</b>	500 PSI
<b>Máxima profundidad</b>	352m (1,157 ft)
<b>Conector</b>	Male SMA / Male BNC
<b>Longitud del cable</b>	1 Metro
<b>Sensor de temperatura interno</b>	No
<b>Tiempo antes de la recalibración</b>	~10 Años
<b>Esperanza de vida</b>	~10 Años
FUENTE: Atlas Scientific (2024)	



FUENTE: <https://atlas-scientific.com/>

**Figura 10 — Sensor CE**

**b) Sensor de Potencial de Hidrógeno (pH)**

Una sonda de potencial de hidrógeno, también conocida como sonda de pH, mide la actividad de los iones de hidrógeno en un líquido. Una

membrana de vidrio se encuentra en la punta de una sonda de pH. Los iones de hidrógeno del líquido que se está midiendo pueden disolverse en la capa exterior del vidrio gracias a esta membrana de vidrio, mientras que los iones más grandes permanecen en la solución. La corriente es muy pequeña debido a la diferencia en la concentración de iones de hidrógeno fuera y dentro de la sonda. Esta corriente es igual a la concentración de iones de hidrógeno en el líquido midiendo. En la Tabla 6 se muestran sus características de acuerdo a la ficha técnica, y en la Figura 11 se muestra el sensor de pH (ATLAS SCIENTIFIC, 2024):

**Tabla 6 — Características sensor de pH**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Lee</b>	pH
<b>Rango</b>	0 - 14
<b>Resolución</b>	± 0.001
<b>Exactitud</b>	± 0.002
<b>Tiempo de respuesta</b>	95% en 1s
<b>Rango de temperatura °C</b>	-5 – 99 °C
<b>Presión máxima</b>	100 PSI
<b>Máxima profundidad</b>	70m (230 ft)
<b>Conector</b>	Male SMA / Male BNC
<b>Longitud del cable</b>	1 Metro
<b>Sensor de temperatura interno</b>	No
<b>Tiempo antes de la recalibración</b>	~1 Año
<b>Esperanza de vida</b>	~2.5 Años +
FUENTE: Atlas Scientific (2024)	



FUENTE: <https://atlas-scientific.com/>

**Figura 11 — Sensor pH**

**c) Sensor de temperatura LM35**

Este sensor se mide en grados Celsius (Celsius), su salida es analógica, como una entrada, donde se mide por un Arduino u otro microcontrolador. Uno de los problemas de este sensor es que puede medir temperaturas desde 2° C hasta 150° C, lo que en nuestro estudio no es óbice para su elección. Este sensor tiene aplicaciones comunes en electrónica, baterías y HVAC. En la Tabla 7 se muestran sus características de acuerdo a la ficha técnica, y en la Figura 12 se muestra el sensor LM35, el cual tiene 3 hilos, uno para alimentación, GND y un pin de datos (MORA Y ROSAS, 2019).

**Tabla 7 — Características sensor de temperatura LM35**

CARACTERÍSTICAS	
<b>Voltaje de operación</b>	4V a 30V
<b>Rango de temperaturas</b>	-55° C a 150° C
<b>Precisión</b>	± 0,5° C
<b>Conversión</b>	10 mV / °C
<b>Tiempo de respuesta (100%)</b>	4 min
<b>Offset</b>	0 V
FUENTE: Mora, Hansell Valmir & Rosas, José Luis (2019)	



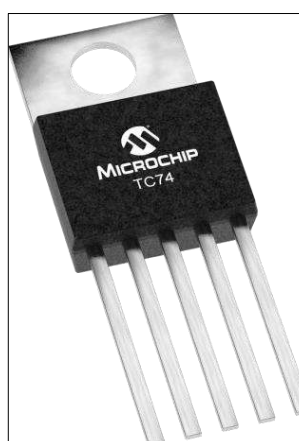


**e) Sensor de temperatura TC74**

Todos los sensores anteriores son sensores analógicos. Estos tipos de sensores tienen un diseño que es sensible a la interferencia o al ruido, por lo que la descripción actual debe describir el sensor TC74, que es un sensor digital. Dado que es un sensor de temperatura digital, es adecuado para aplicaciones de bajo costo. Tiene la capacidad de cambiar la temperatura dentro del propio sensor para que luego pueda enviarla en una voz digital de 8 bits. La Tabla 9 muestra las principales características del sensor TC74 y la Figura 14 muestra el sensor físico del Microchip TC74 (MORA Y ROSAS, 2019).

**Tabla 9 — Características sensor de temperatura TC74**

CARACTERÍSTICAS	
<b>Voltaje de operación</b>	2,7V a 5,5V
<b>Rango de temperaturas</b>	- 40° C a 125° C
<b>Precisión</b>	± 2° C de 25° C a 85° C y ± 3° C de 0° C a 125° C
<b>Resolución</b>	8-bit
<b>Muestra/segundo</b>	8
FUENTE: Mora, Hansell Valmir & Rosas, José Luis (2019)	



FUENTE: <https://www.microchip.com/>

**Figura 14 — Sensor TC74**

**f) Sensor de temperatura DHT22**

El sensor DHT22 es un sensor de temperatura y humedad ambiente, al igual que el DHT11, utiliza un sensor capacitivo interno y un termistor para medir la temperatura del aire (MORA Y ROSAS, 2019).

Según Cayllahua Utani (2023) es un sensor digital de temperatura y humedad, que consta de un sensor capacitivo AM2302 que utiliza una interfaz de bus único simplificada; un bus único generalmente requiere una resistencia pull-up externa de aproximadamente 5,1 kΩ, por lo que cuando el bus está inactivo, su estado es alto, porque es una estructura maestro-esclavo, solo el servidor llama al sensor, el sensor permite una distancia de transmisión de señal de hasta 20 metros. En la Tabla 10 se muestran sus características de acuerdo a la ficha técnica, y en la Figura 15 se muestra el sensor DHT22:

**Tabla 10 — Características sensor de temperatura DHT22**

CARACTERÍSTICAS	
<b>Rango de medición (temperatura)</b>	de -40° C a 80° C
<b>Precisión (temperatura)</b>	± 0.5° C
<b>Rango de medición (humedad)</b>	de 0% a 100%
<b>Precisión (humedad)</b>	± 2%
<b>Señal de salida</b>	Señal digital a través de un solo bus
<b>Voltaje de alimentación</b>	3.3 Vdc – 6 Vdc
<b>Dimensiones</b>	14 x 18 x 5.5 mm
FUENTE: Berrios, Sebastián (2022)	



FUENTE: <https://naylampmechatronics.com/>

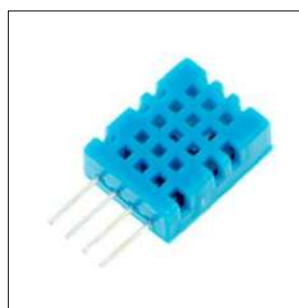
**Figura 15 — Sensor DHT22**

**g) Sensor de temperatura DHT11**

Este sensor es igual al sensor digital TC74, pero tiene la ventaja añadida de poder coexistir con un sensor de humedad ambiental que lo separa. El sensor DHT11 es una combinación de un sensor de temperatura y humedad ambiental con la conveniencia de convertir la información de temperatura a grados Celsius, el único inconveniente que no marcó una diferencia significativa en nuestra investigación es que solo puede capturar un rango de temperatura de 0° C. hasta 50° C El ciclo de lectura de este sensor es de 1 a 2 segundos. En términos de calidad y sensibilidad de la recopilación de datos, es muy deseable para un precio de mercado electrónico. La Tabla 11 muestra las características del sensor DHT11 y la Figura 16 muestra la apariencia física del sensor DHT11, incluyendo un sensor de temperatura y un sensor de humedad ambiental (MORA Y ROSAS, 2019).

**Tabla 11 — Características sensor de temperatura DHT11**

CARACTERÍSTICAS	
<b>Voltaje de operación</b>	de 3V a 5,5V
<b>Rango de temperaturas</b>	0° C a 50° C
<b>Precisión</b>	± 2° C
<b>Resolución</b>	8-bit
<b>Muestra/segundo</b>	0,5
FUENTE: Mora, Hansell Valmir & Rosas, José Luis (2019)	



FUENTE: <https://naylampmechatronics.com/>

**Figura 16 — Sensor DHT11**

### 3.2.1.11 Actuadores

#### a) Sistemas de ventilación

Como se mencionó anteriormente, el sobrecalentamiento puede ocurrir en el invernadero debido a que se intercepta la radiación infrarroja emitida por los cultivos. Por ello, se propone un sistema de ventilación que sustituya el aire más cálido del interior (en la parte superior) por otra nube de aire frío del exterior. De esta forma, se puede eliminar la mayor parte de la sobrecarga térmica, se puede bajar la temperatura y, por lo tanto, se pueden cambiar la concentración de gas y la humedad (HERNÁNDEZ, 2019).

Puede elegir ventilación natural o ventilación mecánica. La diferencia es que naturalmente no tenemos la capacidad de controlar el clima en el invernadero, pero en la práctica la tenemos. En la Tabla 12 se muestra un resumen de estas dos opciones de ventilación, mostrando sus pros y sus contras (HERNÁNDEZ, 2019).

**Tabla 12 — Tipos de ventilación para invernaderos**

TIPO DE VENTILACIÓN	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Natural	Extracción y admisión de aire mediante aperturas con rejilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste bajo de instalación y mantenimiento.</li> <li>• No necesita electricidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja capacidad de controlar y determinar las condiciones climáticas internas.</li> <li>• Alta dependencia de las condiciones climáticas externas.</li> </ul>



<p><b>Activa</b> (Mecánica simple + mecánica húmeda)</p>	<p>Extracción de aire mediante ventiladores electromecánicos. Admisión de aire mediante ventilador y paneles húmedos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de las condiciones climáticas internas.</li> <li>• Mejores resultados anuales sin dependencia de condiciones externas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayores costos en comparación con la ventilación natural.</li> <li>• Dependencia del suministro de electricidad.</li> </ul>
<p>FUENTE: Hernández, Eva María (2019)</p>			

**b) Calentador**

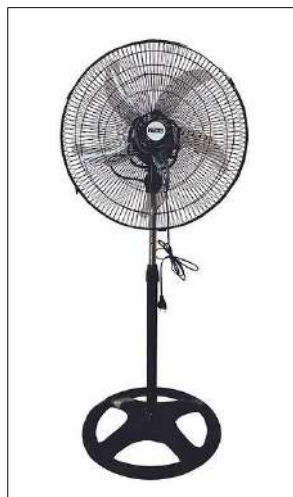
Es capaz de proporcionar suficiente energía térmica al ambiente para que en climas fríos el modelo no se quede por debajo de la temperatura establecida (LÓPEZ, 2019).

**c) Ventilador para extracción de aire**

En el prototipo del proyecto se realizó un sistema de ventilación mecánica simple, donde el actuador utilizado no era más que un ventilador de 220 V AC. Su finalidad es extraer aire comprimido (temperatura y humedad demasiado altas) del interior del invernadero (GOMEZ, 2019).

El ventilador tiene un rotor con alabes y es accionado por un motor eléctrico. A medida que el motor gira, las palas empujan las moléculas de aire, aumentando su energía cinética con un pequeño cambio de volumen, por lo que se consideran máquinas hidráulicas en lugar de turbinas. Los productos electrónicos, como las computadoras, tienen muchos ventiladores para enfriar. En la industria, sin embargo, se utilizan no solo para el control de temperatura, sino también para aire acondicionado, gas, humo, refrigeración, máquinas, etc. En la Figura 17 se muestra el ventilador 220V (HERNÁNDEZ, 2019):





FUENTE: <https://www.ceisacperu.com/>  
**Figura 17 — Ventilador 220V dc**

A continuación, se muestran las características del ventilador empleado, según (GOMEZ, 2019):

- Voltaje: 220/240 VAC
- Potencia: 18/19 W

Cabe señalar que, para una posible ampliación del invernadero, está abierta la posibilidad de colocar ventiladores con mejores parámetros (por ejemplo, bombas de agua). Por otro lado, se debe tener en cuenta que en un futuro es conveniente instalar un ventilador adicional para toma de aire del exterior en la parte baja del invernadero para poder controlar mejor la climatización del invernadero. Esto significa que desea implementar un sistema de ventilación activo (HERNÁNDEZ, 2019).

#### **d) Bomba de agua para riego**

El modelo desarrollado utiliza un sistema de riego por goteo que utiliza como actuador una bomba de agua sumergible sin escobillas de 12V DC, la bomba utiliza su propia energía eléctrica. En la Figura 18 se muestra la bomba de agua 12V (HERNÁNDEZ, 2019):





FUENTE: <https://naylampmechatronics.com/>

**Figura 18 — Bomba de agua 12V DC**

La bomba elegida tiene las siguientes características, según: (HERNÁNDEZ, 2019)

- Marca: LEDGLE
- Material: ABS
- Voltaje: DC 12V
- Tasa de energía: 4.8W
- Resistencia al agua: IP68 a prueba de agua
- Consumo: 400mA
- Altura máxima de elevación: 3 m
- Flujo máximo: 240L / H
- Diámetro de entrada / salida: 8 mm
- Volumen de ruido:  $\leq 40$ dB
- Temperatura máxima del agua: 60°C
- Dimensiones del producto: 5,5 x 3,4 x 4,1 cm; 68 g
- Longitud del cable 17.7 " / 45cm
- Referencia del fabricante: 10L5AL24488TJTSP0F1BKW755

Para que funcione correctamente, la bomba debe estar sumergida en agua y no puede funcionar en vacío, de lo contrario, puede dañarse por cavitación. Por este motivo y para evitar en lo posible que esto suceda, la lógica de control (código) solicita que se detenga el riego cuando el depósito esté por debajo del 15% de su volumen. La bomba se elige como ejemplo para la creación de prototipos, por lo que la activamos mediante un módulo de relé conectado al controlador. Si se activa el riego según la lógica de control implementada, el relé cerrará el circuito. Cabe señalar que la decisión de utilizar este sistema se toma para poder extrapolarlo a

invernaderos más grandes en el futuro, porque esto requeriría una bomba de riego más potente y con un poder de entrega a mayor distancia (HERNÁNDEZ, 2019).

### 3.2.1.12 Tecnologías usadas

A continuación, se detalla las tecnologías empleadas para el desarrollo de esta tesis.

#### a) Google Cloud Firestore

Es una base de datos NoSQL flexible, escalable y basada en la nube para el almacenamiento y la sincronización de datos, diseñada tanto para el lado del cliente como para el lado del servidor. Además, Cloud Firestore es una base de datos flexible y escalable para servidores, dispositivos móviles y desarrollo web en Firebase y Google Cloud (GOOGLE, 2023).

#### Funciones clave:

- Flexibilidad
- Consultas expresivas
- Actualizaciones en tiempo real
- Asistencia sin conexión
- Diseñado para ajustarse a escala

#### b) Flutter

Flutter es el marco de código abierto de Google para crear hermosas aplicaciones multiplataforma que se compilan de forma nativa desde una única base de código (FLUTTER, 2023).

#### c) JavaScript

JavaScript (JS) es un lenguaje de programación ligero, interpretado, o compilado en tiempo real. Aunque se utiliza en muchos entornos fuera del navegador, como Node.js, Apache CouchDB y Adobe Acrobat, es más conocido como un lenguaje de scripting (secuencias de comandos) para páginas web. JavaScript es un lenguaje de programación de un solo hilo, dinámico, multiparadigma, de un solo paradigma y con soporte para programación imperativa, declarativa y orientada a objetos (MOZILLA, 2023).



#### **d) Python**

Python es un lenguaje de programación potente y fácil de aprender que se puede usar rápidamente. Tiene un sistema de programación orientado a objetos simple pero efectivo y estructuras de datos de alto nivel eficientes. Python es un lenguaje ideal para el scripting y el desarrollo rápido de aplicaciones en muchas áreas, para la mayoría de plataformas, debido a su sintaxis refinada y tipado dinámico (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2024).

#### **e) NodeJs**

Node.js, considerado un tiempo de ejecución de JavaScript asíncrono y controlado por eventos, está diseñado para crear aplicaciones web escalables (NODE.ORG, 2023).

Resumiendo, Node.js se ha hecho popular en los últimos años gracias a las siguientes características (SIMÕES, 2021):

- Velocidad
- Sin búfer
- Asíncrono y controlado por eventos
- Un subproceso escalable

### **3.2.2 Control de temperatura**

#### **3.2.2.1 Concepto de temperatura**

Cuando hablamos de temperatura, nos referimos al nivel térmico, que es la cantidad a la que un objeto contiene temperatura. En otras palabras, el término temperatura se refiere a la naturaleza fija y variable de la medición, es decir, un objeto puede pasar de una temperatura alta a una temperatura baja. Por tanto, desde el punto de vista de la salud, un cuerpo caliente tendrá una temperatura alta, a diferencia de un cuerpo frío, que tendrá una temperatura baja; desde una perspectiva masiva, las altas temperaturas pueden hacer que el cuerpo se expanda cuando se expone. En cuanto a la medición de temperatura, existen diferentes herramientas para diferentes eventos o situaciones, por ejemplo, para fines médicos se utiliza un termómetro corporal, y para el medio ambiente, un termómetro ambiental (COPACONDORI, 2018).



### 3.2.2.2 Escalas termométricas

Se utiliza una escala termométrica para mostrar las temperaturas en función de puntos de ajuste específicos. El calor se mide utilizando dispositivos basados en uno o más dispositivos de conversión de energía y calor. Estos materiales se miden de acuerdo con la escala de temperatura aceptada, y estas escalas son las siguientes (COPACONDORI, 2018):

- Escala termométrica Celsius
- Escala termométrica Fahrenheit
- Escala termométrica Réaumur
- Escala termométrica Kelvin

### 3.2.2.3 Diferentes escalas termométricas

#### a) Escala termométrica Celsius (centígrados)

Nombrada en honor al científico sueco Anders Celsius (1701-1744), la escala se ha convertido en un estándar internacional. La escala es un "sistema de porcentajes", es decir, se divide en 100 divisiones iguales, cada división se denomina "grado centígrado" o "grado Celsius", y el símbolo es °C. Por lo general, al punto de fusión del hielo se le asigna un valor de 0 y al punto de ebullición del agua se le asigna un valor de 100 (COPACONDORI, 2018).

#### b) Escala termométrica de Fahrenheit

Esta escala lleva el nombre del científico Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736). Actualmente se usa principalmente en Estados Unidos y Reino Unido (aunque es ilegal). La escala se divide en 180 partes iguales, cada una llamada grado Fahrenheit, con el símbolo °F. Un valor de 32 es la temperatura del hielo y un valor de 212 es la temperatura del agua hirviendo al nivel del mar (COPACONDORI, 2018).

#### c) Escala termométrica Réaumur

Esta escala fue desarrollada por el científico francés René-Antoine Ferchaud de Réaumur (1683-1757). Se divide en 80 partes iguales, cada una denominada escala de Réaumur, con el símbolo °R. Un valor de 0 corresponde al derretimiento del hielo, y un valor de 80 al punto de



ebullición del agua bajo presión atmosférica. al nivel del mar (COPACONDORI, 2018).

#### **d) Escala termométrica absoluta (Kelvin)**

Desarrollado por el científico inglés Lord Kelvin (1824-1907), pionero de la termodinámica; esta escala utiliza grados Kelvin. Cero Kelvin, también conocido como "cero absoluto", indica una temperatura m. Las unidades de la escala Kelvin son del mismo tamaño que las unidades de la escala Celsius, excepto que la escala Kelvin define la temperatura más baja en 0. De acuerdo con la teoría termodinámica, pueden ocurrir lesiones personales o la muerte. Esto es igual a -273,16 grados centígrados (COPACONDORI, 2018).

### **3.2.3 Cultivo de tomate**

El tomate (*Lycopersicon esculentum* L) es la segunda hortaliza más cultivada en el mundo después de la patata. A medida que aumenta el consumo mundial de productos frescos, también lo hace el consumo de productos procesados que los contienen (MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO, 2021).

#### **3.2.3.1 Definición de tomate**

Es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. Esta familia es una de las angiospermas más grandes e importantes, con unas 2.300 especies agrupadas en 96 géneros (ORTIZ, 2016).

#### **3.2.3.2 Propiedades y usos**

**Valor nutricional** (MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO, 2021)

- a) El tomate tiene alto contenido en licopeno** (aproximadamente 3.000 mcg/100 g), el conocido pigmento carotenoide con efectos antioxidantes que le confiere su atractivo color rojo.
- b) Es rico en vitaminas y minerales**, aporta vitamina C, un potente antioxidante natural, además de vitamina A, K, y potasio.
- c) Contiene vitamina A**, la cual ayuda a proteger nuestros ojos de enfermedades degenerativas o ceguera nocturna.



**d) Contiene hierro**, un mineral muy saludable para el buen estado de nuestra sangre. Evita el estreñimiento, por su contenido en fibra, facilitando el tránsito intestinal.

**¿Cómo puedes consumir el tomate?** (MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO, 2021)

- a) Ensaladas
- b) Guisos
- c) Pasta
- d) Sopa
- e) Salsas
- f) Jugo

### 3.2.3.3 Tipos de tomates comerciales

#### a) **Milano**

Se utiliza sobre todo en ensaladas, se come en rodajas, maduro o crudo, con preferencia por el verde, sobre todo en los restaurantes. Los tipos milano son planos o semiplanos, con cuatro o más celdas, y el peso promedio es de 200 a 400 gramos. Este tomate tiene un excelente valor comercial y sabor (ORTIZ, 2016).

#### b) **Beef o Redondo**

Fruto de tamaño considerable y de baja consistencia. Agrupada y producida a tiempo. Los mercados más significativos son el mercado interno y el mercado internacional, principalmente Estados Unidos (MONZÓN, 2016).

#### c) **Saladette (Roma)**

La variedad italiana de tomate pelado para conserva, tiene un tamaño homogéneo y un fruto pequeño bi o trilocular de forma de pera (MONZÓN, 2016).

#### d) **Industrial**

Se caracteriza por un alto nivel de sólidos solubles, lo que lo hace ideal para el procesamiento, principalmente para la preparación de salsas y jugos. Puede tener diferentes formas, desde redondas hasta en forma de pera, y su color es rojo oscuro (ORTIZ, 2016).



**e) Chonto**

Los tomates tipo chonto son redondos a ovalados, levemente alargados u ovalados, con 2 a 4 celdas y un peso promedio de 70 a 220 gramos. Se comen frescos y se utilizan en guisos o pastas (ORTIZ, 2016).

**f) Cherry**

El tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) es una planta del género *Solanum* de la familia *Solanaceae*. También se le llama tomate cherry, tomate seco o tomate uva. Sus frutos son pequeños y redondos, híbrido genético de *Solanum pimpinellifolium* y tomate de jardín. Los tomates cherry varían en tamaño desde la punta de un dedo hasta una pelota de golf y pueden tener forma esférica o ligeramente ovalada. Suele ser de color rojo, pero también hay variedades de color naranja, amarillo, verde y negro (PANIURA, 2022, p. 18).

Señaló que los tomates cherry son plantas vigorosas. Frutos muy pequeños (de 18 a 30 mm de diámetro), con un peso medio de 10 g, con piel fina, en grupos de 15 o más de 50 frutos. El sabor es dulce y agradable. Es sensible a los cambios bruscos de temperatura. Su forma es tipo pera, esférica o redonda. Pueden ser de color amarillo, rojo, naranja o morado. Se consume mejor fresco, como tentempié, en cócteles y como guarnición (PANIURA, 2022, p. 18).

• **Taxonomía del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L)**

La Taxonomía se describe de la siguiente manera:

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida.

**Subclase:** Asteridae

**Orden:** Solanales.

**Familia:** Solanaceae.

**Subfamilia:** Solanoideae.

**Tribu:** Solaneae.

**Género:** *Solanum*.

**Especie:** *Solanum lycopersicum* L.

**Nombre común:** Jitomate, Tomate.



**Extraído de:** Sistema integrado de información taxonómica de América del Norte, (2011) (PANIURA, 2022)

- **Características del tomate Cherry**

Según Paniura Huayhua (2022) las principales cualidades del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) son, alto contenido de antioxidantes, idóneo para diabéticos tipo 2, alto contenido de licopeno, mejora el sistema cardiovascular, reducen la probabilidad de tener Alzheimer, mejora la salud de la piel y aporte de fibra vegetal.

- **Plagas importantes del cultivo de tomate**

(PANIURA, 2022) Exponen las siguientes plagas más importantes son, araña Roja (*Tetranychus urticae*), mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia* sp), pulgón "(*Aphis gossypii*; *Aphis persicae*)" y trips (*Frankliniella occidentalis*).

- **Variedades de tomate Cherry**

(PANIURA, 2022) Menciona las siguientes variedades:

**Tomate Cherry Pera:** Por su sabor dulce y textura agradable, es uno de los más apreciados.

**Tomate Cherry Redondo:** Son tomates grandes, consistentes y de gusto exquisito.

**Tomate Cherry Gardenberry:** Rojo con forma de corazón de fragancia y agrado espectacular.

**Tomate Yellow Pear Cherry:** Su productividad es arracimada de pequeños tomates de forma pera o bombilla de color amarillo, posee un sabor dulce y textura crujiente.

**Tomate Zebra Cherry:** Es atractivo por sus rayas negras sobre la piel marrón, jitomate crujiente de gran sabor y pulpa de color oscuro.

**Tomate Zebra Pear Cherry:** Es alargada muy atractiva por sus líneas negras encima de la piel marrón, el tomate posee gran sabor y pulpa de color oscuro.

**Tomate Black Cherry:** Muy fructífero, sus frutos son de color rojo muy oscuro, con buen sabor y textura.



### 3.2.3.4 Hidroponía

La hidroponía “proviene de las palabras griegas Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo), por lo que literalmente significa trabajo en el agua. En la práctica, la hidroponía incluye todos los métodos que no usan tierra, usan materiales sólidos (guijarros, fibras de coco, etc.) o agua como medio de cultivo para el cultivo de plantas. Las plantas se alimentan mediante riego, donde se suministran todos los minerales necesarios para el crecimiento y la producción de cultivos. Por otro lado, se puede definir como “un conjunto de técnicas que permiten el cultivo de plantas en un ambiente sin suelo. La hidroponía permite estructuras simples o complejas para producir principalmente tipos de plantas herbáceas utilizando lugares o áreas como techos, suelos pobres, terrenos irregulares, invernaderos con o sin calefacción, etc. (CAYLLAHUA, 2023, p. 48).

En este sentido, se puede decir que la hidroponía es una técnica para cultivar y hacer crecer plantas sin utilizar suelo o suelo. Cualquier lugar puede ser adecuado para plantar plantas, como azoteas, terrazas y jardines, bancos de arena, montañas y más.

#### a) Sistemas hidropónicos

Hoy en día existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, desde los simples, con control manual o semiautomático, hasta los automatizados. Estos se pueden dividir en los siguientes (CAYLLAHUA, 2023, p. 49):

- **Sistemas hidropónicos cerrado**

En un sistema cerrado, el agua se recoge y se llena más o menos. Aquí las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva. Entre ellos:

1. Raíz flotante
2. Aeropónica
3. Flujo y reflujos
4. Mecha
5. NFT

- **Sistemas hidropónicos abierto**

En un sistema abierto, se utiliza la droga y no se controlan los residuos del riego. En este proceso, las raíces de las plantas crecen desde la siembra hasta la cosecha en partes inactivas; La solución nutritiva se le da al sustrato, que dirige la humedad a las raíces para que tomen alimento. Entre ellos:

1. Goteo

**b) Sistemas hidropónicos NFT**

La recirculación de fluidos hidropónicos de nutrientes, “conocida como <<NFT>> o Nutrient Film Technology, es el sistema hidropónico de recirculación más popular del mundo para la producción de cultivos. El sistema fue desarrollado en los años sesenta por el Dr. Allan Cooper en Gran Bretaña. Desde entonces, este sistema agrícola, que produce principalmente hortalizas de invernadero de alta calidad, se ha desarrollado y popularizado en muchos países con condiciones de suelo limitadas y mercados prometedores para hortalizas frescas de alta calidad y saludable” (CAYLLAHUA, 2023, p. 50).

### 3.2.3.5 Invernadero

Los primeros invernaderos se construyeron para cultivar en épocas del año que normalmente no serían productivas. En cuanto a los invernaderos domésticos, las habitaciones económicas se construyen con materiales baratos o reciclados que brindan las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de diversas plantas, principalmente hortalizas. El aumento de la construcción de invernaderos y huertos familiares viene determinado en los últimos años por las irregularidades climáticas para el cultivo a campo abierto, el aumento de los precios de los productos intermedios y la necesidad de consumir alimentos frescos y no contaminados (SUPO, 2019).

**a) Definición de invernadero**

Un invernadero es un área cerrada, estacionaria y transitable para el cultivo de cultivos, generalmente con un recinto de plástico o vidrio transparente que controla la temperatura, la humedad y otros factores ambientales que promueven el crecimiento de las plantas. La jardinería



en la España antigua Entre ellos, el invernadero recibe el nombre de horno frío (SUPO, 2019).

## b) Tipos de invernadero

Sabiendo cuánto terreno hay disponible para esta actividad, daremos una mirada constructiva a los diferentes tipos de invernaderos disponibles en la actualidad. Además, se prestará atención a las ventajas que ofrece cada uno de estos invernaderos frente a los demás (LÓPEZ, 2019, p. 31).

Según su estructura, los invernaderos lo podemos clasificar de la siguiente forma:

### • Invernadero tipo parral o almeriense

Estos invernaderos están hechos principalmente de palos y alambres y obtuvieron su nombre porque se asemejan a la estructura de vid que se usa para las mesas de comedor. Actualmente se utiliza una versión modificada de los primeros invernaderos utilizados en la segunda mitad del siglo pasado, utilizando como soporte interior tubos galvanizados, la estructura exterior se puede montar a partir de columnas para mantener la tensión en los laterales o también nos podemos encontrar con cargas enterradas, las cuales soportan mejor el empuje del viento. Además, en lugar de un techo plano, este tipo de invernadero lleva instalado un techo de fieltro desde la década de 1990, cuyo objetivo principal es drenar el agua de lluvia.

La principal ventaja de este tipo de invernadero es el buen aprovechamiento de la inercia térmica del aire atrapado en su interior. Gracias al gran volumen de aire, los cambios de temperatura son más suaves, el valor variable controlado es más estable y los cambios son más pequeños. Los invernaderos de este tipo se caracterizan por ser económicos y fáciles de instalar, porque su montaje no requiere soldadura. Como punto negativo, podemos encontrar una ventilación insuficiente en este tipo de invernaderos, porque la instalación de ventilación forzada es costosa y difícil de instalar. Además, existe un alto riesgo de agrietamiento de las paredes durante las fuertes lluvias. En la Figura 19 se muestra el invernadero tipo parral:





FUENTE: Supo, Maciel Deni (2019)

**Figura 19 — Invernadero tipo parral o almeriense**

- **Invernadero tipo túnel**

La característica del invernadero de tipo túnel es que no tiene paredes rectas, y su estructura es completamente semicircular, y el radio de la curva se puede cambiar según las necesidades de los agricultores. Estos invernaderos están formados por una estructura semicircular de metal reforzado, sobre la que se instala una malla o película plástica resistente a la corrosión, que recubre toda la estructura.

La mayor ventaja que podemos señalar es que es un invernadero fácil y económico de instalar, además da un mejor control sobre las variables a controlar dentro del invernadero que el tipo vino, porque este tipo de invernadero permite la instalación de un ventilador de aire sistema de acondicionamiento Gracias a su diseño y materiales de construcción, proporciona una mayor densidad y una mejor distribución de la luz. Como punto negativo, podemos señalar que suelen contener una pequeña cantidad de aire, lo que se traduce en una menor inercia térmica. En la Figura 20 se muestra el invernadero tipo túnel:





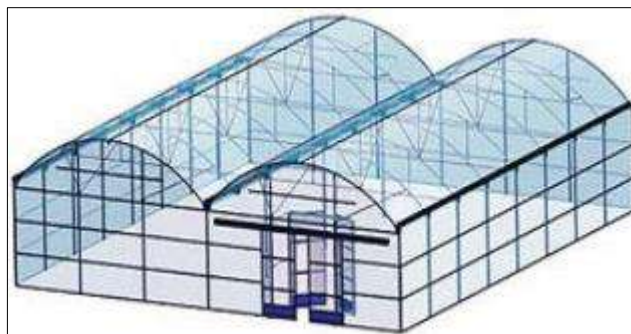
FUENTE: Rodríguez, Jhonatan Rodrigo & Ulcuango, Karen Patricia (2018)

**Figura 20 — Invernadero tipo túnel**

- **Invernadero tipo capilla**

Este tipo de construcción se creó rediseñando las primeras utilizadas en Europa para proteger los cultivos en el siglo XV. Consta de una base rectangular y puede tener varios metros de altura, según las necesidades del agricultor. Sobre esta base se encuentra lo que podemos comparar con un invernadero túnel, una estructura semicircular con un radio correspondiente al ancho de la base. Este tipo de invernadero también se denomina multicapilla, porque generalmente varios invernaderos tipo capilla están conectados uno tras otro, formando así una gran área cubierta.

Como ventaja se puede mencionar que genera grandes espacios libres y permite una muy buena ventilación, porque permite ventilación cenital como perimetral. Según los fabricantes de dichos invernaderos, las instalaciones están diseñadas de tal manera que se asemejan a una mecánica, lo que facilita la construcción de estructuras y reduce el tiempo de montaje. Además, con esta construcción, la lluvia y el aire se pueden sellar bien y se puede lograr la distribución de la luz. Como punto negativo, podemos concluir que, al instalar más invernaderos en batería, perderemos la ventilación perimetral, quedando solo la cenital. Otro inconveniente encontrado es que tiene un volumen de aire cerrado menor que los invernaderos arqueados a la misma altura cenital. En la Figura 21 se muestra el invernadero tipo capilla:

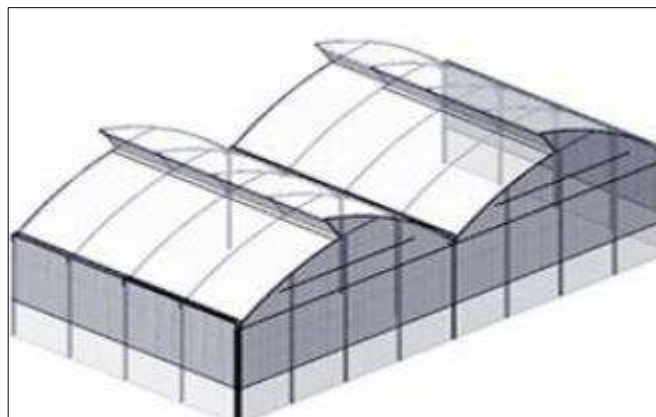


FUENTE: Rodríguez, Jhonatan Rodrigo & Ulcuango, Karen Patricia (2018)

**Figura 21 — Invernadero tipo capilla**

- **Invernadero asimétrico**

Estos invernaderos también se conocen como invernaderos de diente de sierra debido a la forma especial de la cubierta, especialmente diseñada para aprovechar al máximo la radiación solar que incide sobre la estructura. Incluso posicionando este tipo de invernadero para captar esta radiación a lo largo del día. Se llaman asimétricos porque, a diferencia de los conservatorios estilo catedral, tienen una geometría asimétrica. Comparando una estructura con otra, podemos decir que el invernadero asimétrico es una evolución del invernadero catedral. La principal ventaja de este tipo de invernadero es que está especialmente diseñado para aprovechar la luz durante todo el día, especialmente en invierno. Además, tiene una gran inercia térmica debido a la gran cantidad de aire que contiene. Como invernadero tipo catedral, la ventilación es mayormente cenital porque si tuviéramos varios invernaderos en un solo paquete, perderíamos la ventilación lateral. El inconveniente es que requiere más elementos estructurales, especialmente en el techo, estos elementos tendrían un efecto de sombra en la cultura. En la Figura 22 se muestra el invernadero tipo asimétrico:



FUENTE: Rodríguez, Jhonatan Rodrigo & Ulcuango, Karen Patricia (2018)

**Figura 22 — Invernadero asimétrico**

- **Invernadero tipo gótico**

Este invernadero es una modificación de los dos invernaderos anteriores, la principal diferencia radica en el diseño de su cubierta, porque el arco de la cubierta del invernadero gótico no es un arco de medio punto, sino un arco apuntado. Esto permite colocar un mayor volumen de aire en la cabina, proporcionando una mayor inercia térmica.

Como ventaja significativa, podemos destacar el hecho que, al dar la posibilidad de abrir el techo en ambos lados del arco, esta construcción asegura una buena ventilación del aire y es orientable, porque podemos decidir si los dos lucernarios, uno de ellos, está cerrado o no. El resto de ventajas y desventajas son las mismas que para los invernaderos de culto y asimétricos. Destacar la fácil instalación, así como la alta solidez y resistencia de la estructura. En la Figura 23 se muestra el invernadero tipo gótico:





FUENTE: <https://hidroponia.mx/>

**Figura 23 — Invernadero tipo gótico**

- **Invernadero tipo venlo**

Debido a su distribución en este país, también se le llama tipo holandés. Su característica distintiva es que, a diferencia de los anteriores, este invernadero está hecho de vidrio. Los paneles de este material se colocan sobre una estructura metálica que soporta el peso de toda la estructura. A menudo, este tipo de invernadero no tiene ventanas laterales y en su lugar tiene tragaluces.

Se puede mencionar como una gran ventaja el mejor rendimiento térmico debido al uso de vidrio y su facilidad para controlar las condiciones climáticas dentro de la estructura. El uso de vidrio como material de construcción también tiene una gran desventaja, porque el uso de este material encarece la construcción. Dado que el vidrio es más pesado que el plástico que se usa en otros invernaderos, la estructura que sostiene todo debe estar preparada para manejar este peso extra, lo que a su vez aumenta el costo del invernadero, porque la estructura debe estar bien soportada. En la Figura 24 se muestra el invernadero tipo venlo:





FUENTE: <https://hidroponia.mx/>

**Figura 24 — Invernadero tipo venlo**

**c) Variables a controlar en un invernadero**

Los factores climáticos que inciden en la producción agrícola son: la luz, la temperatura, la humedad, la concentración de CO<sub>2</sub>, el viento y la lluvia. Cuanto más los controlemos, los agricultores más exitosos y seguros aumentarán su productividad (NATA Y SILVA, 2019, p. 17).

- **Temperatura**

La temperatura del aire interno en el invernadero y en las propias plantas afecta directamente el proceso de fotosíntesis y por lo tanto el equilibrio respiración-transpiración. Por lo tanto, se sabe que las altas temperaturas provocan pérdidas de producción y calidad (NATA Y SILVA, 2019, p. 17).

- **Humedad**

Cuanto mayor sea la temperatura, menor será la humedad relativa, mayor será la capacidad de retención de vapor de agua. Esto puede hacer que la planta sude demasiado y se deshidrate y reduzca la fertilidad. Por el contrario, las temperaturas más bajas dan como resultado una humedad relativa más alta, porque las plantas reducen la transpiración y el crecimiento (floración y desarrollo de enfermedades). Esto disminuirá con la ventilación, el aumento de la temperatura y la evitación de la humedad excesiva (NATA Y SILVA, 2019, p. 17).



- **Sistema de riego para invernaderos**

El agua para las instalaciones de riego de los invernaderos suele provenir de balsas, tanques de almacenamiento y regulación de agua o directamente de pozos, pasa primero por la cabecera del sistema de riego, generalmente compuesto por equipos de bombeo, equipos de filtración y equipos de riego y ferti-irrigación, de aquí por la Red de tuberías de PVC y PE transportarlo a la mesa de cultivo (NATA Y SILVA, 2019, p. 17).

Los sistemas de riego que existen en invernaderos son:

Riego por goteo

Riego subterráneo

Riego con cintas de exudación

Riego con micro aspersores

Riego con manguera

Riego con regadera

- **Riego por goteo**

Se trata de proporcionar agua doméstica directamente desde cada planta. Estos pueden ser (NATA Y SILVA, 2019, p. 17):

Integrados en la propia tubería.

De botón, que se pinchan en la tubería.

- **Riego por cintas de exudación**

Los grupos de exudación son tuberías de aparatos con orificios que esparcen constantemente agua en los orificios que hacen que esta retenga la humedad lo que lo convierte en un lugar ideal para regar cultivos en hileras. Cubren un área grande y son particularmente atractivos en suelos arenosos (NATA Y SILVA, 2019, p. 18).

- **Sistema de refrigeración**

La lucha contra el sobrecalentamiento con invernaderos tiene como objetivo reducir los costes energéticos y eliminar el exceso de energía. Cuando se aplica calor, la contribución de energía creativa (calor) se suprime por cancelación (NATA Y SILVA, 2019, p. 19).



- **Función de ventilación**

La aireación o ventilación es el intercambio de aire entre el invernadero y el mundo exterior. Este intercambio de aire se realiza a través de aberturas (ventanas y rejillas) en el invernadero. La renovación del aire permite la eliminación del exceso de calor y baja la temperatura del aire, modificando la temperatura atmosférica. La transpiración de las plantas elimina el aire interior rico en vapor de agua y cambia la composición de gases de la atmósfera (especialmente CO<sub>2</sub>) (NATA Y SILVA, 2019, p. 19).

- **Ventilación natural**

La ventilación natural se utiliza en muchos invernaderos para regular la temperatura interna. En este caso, el aire caliente del invernadero sale por el techo del invernadero, reemplazándolo con aire frío del exterior (NATA Y SILVA, 2019, p. 19).

- **Ventilación forzada**

Utiliza ventiladores, normalmente colocados en un lateral del invernadero, para extraer el aire caliente del interior, que es sustituido por el aire exterior que entra por los orificios del otro lateral (NATA Y SILVA, 2019, p. 19).

- **Tipos de ventanas**

Las ventanas pueden ser cenitales si están en el techo, o laterales si están instaladas en las paredes del muro verde. Generalmente se acepta que una claraboya en un área es 8 veces más efectiva que otra en la misma área (NATA Y SILVA, 2019, p. 20).

- **Ventilación cenital**

Básicamente, la instalación de una ventana cenital se controla mediante los siguientes pasos: se inserta en un tubo (parte superior) o arco, algunos soportes o brazos tienen anillos o cojinetes en los extremos. Las barras de demanda pasarán por este anillo. Es importante que los tubos estén alineados para que no haya resistencia al girar la manija. Una vez hecho esto, coloque el marco de la ventana



afuera y sobre el archivo o túnel. El marco está unido con clips. Cada 2 o 2,5 m, inserte las manijas en el brazaletes y la caja de engranajes (donde el soporte encaja en su lugar) (NATA Y SILVA, 2019, p. 20).

- **Ventilación lateral**

Las ventanas laterales proporcionan un medio de ventilación muy eficaz para los invernaderos estrechos, pero no para los más anchos. Esto se debe a que, a medida que el aire frío de las ventanas laterales atraviesa el invernadero, atrapa el calor y el vapor de agua, haciéndolo más húmedo y menos eficiente. Por lo tanto, el efecto de enfriamiento de las ventanas laterales está limitado cerca de los lados del invernadero (NATA Y SILVA, 2019, p. 21).

### **3.2.4 Metodología de desarrollo de software**

#### **3.2.4.1 Metodologías ágiles**

La metodología de software ágil es el desarrollo rápido de software, que se refiere a métodos en los que el desarrollo de software se basa en el desarrollo iterativo e incremental (SCRUM MANAGER, 2016).

Asimismo, los métodos ágiles son los que te permiten cambiar tu forma de trabajar de acuerdo al contexto del proyecto, brindando flexibilidad y respondiendo a los cambios del proyecto y su desarrollo a las circunstancias específicas del entorno (GARRIDO, 2021).

#### **Ventajas del Agile Project Management**

A continuación, enumeramos algunas de las ventajas que nos brinda la gestión ágil de proyectos (GARRIDO, 2021):

- a) Mejora de la calidad del producto
- b) Mayor satisfacción del cliente
- c) Mayor motivación de los trabajadores
- d) Trabajo colaborativo
- e) Uso de métricas más relevantes
- f) Mayor control y capacidad de predicción
- g) Reducción de costes



### **Los 12 principios del Agile Manifiesto**

Estos principios refuerzan el mensaje del Manifiesto Ágil, o Agile Manifiesto, que es el documento fundamental para desarrollar un sistema de gestión de proyectos ágil (GARRIDO, 2021).

Son los siguientes (PALACIO, 2021):

- a) Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.
- b) Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.
- c) Entregamos software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible.
- d) Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.
- e) Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.
- f) El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.
- g) El software funcionando es la medida principal de progreso.
- h) Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.
- i) La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la Agilidad.
- j) La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
- k) Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos auto-organizados.
- l) A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia.

#### **3.2.4.2 Metodología SCRUM**



### a) Valores de Scrum

Estos valores se centran en el trabajo, las actividades y el comportamiento del equipo scrum. Se consideran críticos para el éxito del equipo Scrum (DRUMOND Y REHKOPF, 2018).

- **Compromiso**

Cada miembro del equipo debe comprometerse a hacer lo que pueda y no más. Debe haber una comunicación constante sobre el proceso de trabajo, a menudo a través de reuniones rápidas (DRUMOND Y REHKOPF, 2018).

- **Valor**

Los miembros del equipo Scrum deben tener el coraje de probar cosas nuevas y sentirse cómodos haciéndolo. Los equipos Scrum deben tener el coraje y la confianza para revelar obstáculos, avances del proyecto, retrasos, etc. (DRUMOND Y REHKOPF, 2018).

- **Foco**

En el corazón del flujo de trabajo del equipo Scrum hay un sprint, un período específico y enfocado en el que el equipo completa una cantidad específica de trabajo (DRUMOND Y REHKOPF, 2018).

- **Honestidad**

Las reuniones flash diarias aumentan la transparencia al permitir que los equipos discutan abiertamente el trabajo en curso y los obstáculos (DRUMOND Y REHKOPF, 2018).

- **Respeto**

La fuerza de un equipo ágil es su colaboración y apreciación que cada miembro del equipo contribuya al trabajo a lo largo del sprint (DRUMOND Y REHKOPF, 2018).

### b) Scrum Team

La unidad básica de Scrum es un pequeño grupo de personas, el Equipo Scrum. El Equipo Scrum está formado por el Scrum Master, el Product Owner y los Desarrolladores. No hay mantenimiento ni jerarquía en un



equipo Scrum. Es un equipo cohesionado de profesionales que se centran en un objetivo al mismo tiempo: el objetivo del producto (SCHWABER Y SUTHERLAND, 2020).

- **Developers**

Los desarrolladores siempre son responsables de: Crear el Plan de Sprint, Sprint Backlog; creando calidad siguiendo la definición de Terminación; ajusta tu plan diariamente para alcanzar tu objetivo de sprint; y responsabilizarse mutuamente como profesionales (SCHWABER Y SUTHERLAND, 2020).

- **Product Owner**

El propietario del producto es responsable de maximizar el valor del producto creado por el trabajo del equipo Scrum (SÁEZ, 2021).

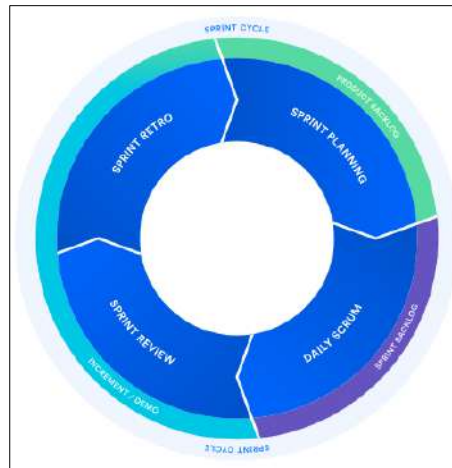
- **Scrum Master**

El Scrum Master es responsable de garantizar que las técnicas de Scrum se entiendan y apliquen dentro de la organización. Es el Scrum Manager, el líder que se encarga de eliminar los obstáculos o interrupciones que enfrenta el equipo durante el sprint (ÁNGEL DE DIOS, 2022).

### c) **Eventos de Scrum**

Un sprint es un contenedor para todos los demás eventos. Cada evento en Scrum es una oportunidad formal para probar y ajustar los artefactos de Scrum. Estas medidas están diseñadas específicamente para lograr la transparencia necesaria. En la Figura 25 se muestra el ciclo que cumple un sprint (SCHWABER Y SUTHERLAND, 2020).





FUENTE: Drumond, Claire & Rehkopf, Max (2018)

**Figura 25 — Sprint Cycle**

- **El Sprint**

Un sprint es un período de tiempo corto y fijo en el que el equipo Scrum completa una cantidad específica de trabajo, normalmente dura 15 días. Los sprints están en el corazón de los sprints y la agilidad, y hacerlos bien ayudará a su equipo ágil a lanzar un mejor software con menos esfuerzo (DRUMOND Y REHKOPF, 2018).

- **Sprint Planning**

En esta reunión, todo el equipo Scrum decide qué tareas se abordarán y cuál será el objetivo del sprint (ÁNGEL DE DIOS, 2022).

- **Daily Scrum**

Daily Scrum es un evento de 15 minutos para los desarrolladores del Equipo Scrum. Para reducir la complejidad, esto se hace a la misma hora y en el mismo lugar todos los días hábiles en Sprint. Si un Product Owner o Scrum Master está trabajando activamente en un elemento de Sprint Backlog, participará como desarrollador (SCHWABER, 2010).

- **Sprint Review**

El propósito de Sprint Review es verificar los resultados del sprint e identificar ajustes futuros. Los equipos Scrum presentan los resultados de su trabajo a las partes interesadas clave y analizan el progreso hacia el logro de los objetivos del producto (SCHWABER, 2010).



- **Sprint Retrospective**

Una retrospectiva es el evento Scrum final, un sprint mensual de 3 horas y una reunión de equipo para evaluar la implementación del marco Scrum del sprint anterior (ÁNGEL DE DIOS, 2022).

**d) Artefactos**

Los artefactos Scrum representan trabajo o valor. Están diseñados para aumentar la transparencia de la información clave. Por lo tanto, todo el que los examina tiene la misma base de adaptación (SCHWABER Y SUTHERLAND, 2020).

- **Product Backlog**

El Product Backlog es una lista emergente y organizada de lo que se debe hacer para mejorar el producto. Es la única fuente de trabajo del equipo Scrum (SCHWABER, 2010).

- **Sprint Backlog**

El Sprint Backlog consta del Sprint Goal (por qué), el conjunto de elementos del Product Backlog seleccionados para el Sprint (qué) y el plan de acción para implementar las adiciones (cómo) (SCHWABER Y SUTHERLAND, 2020).

- **Increment**

Product Increment o Scrum Increment es el resultado de sumar todos los elementos de Product Backlog completados durante el Sprint actual, así como el valor agregado de todos los Sprints anteriores (ÁNGEL DE DIOS, 2022).

### 3.2.5 Eficiencia

La eficiencia se refiere a la cantidad de esfuerzo y uso de recursos necesarios para realizar esta tarea. Esta métrica generalmente se mide por el tiempo que lleva completar una tarea o caso de uso específico (HORACIO Y CHACÓN, 2019).

Farrell consideró tres tipos de eficiencia: la eficiencia técnica o de procesos, que se refiere únicamente a la forma en que se combinan los recursos (o inputs) disponibles para producir determinadas cantidades de outputs; la eficiencia asignativa o de

eficiencia de precios, que se refiere únicamente a la forma en que se seleccionan los insumos para producir determinadas cantidades de outputs, considerando los precios de costo o de producción; y la eficiencia económica o global, que es una medida de la eficiencia asignativa combinada con la eficiencia técnica (PERETTO, 2016).

Una medida importante de la eficiencia de un sistema embebido es cómo utiliza sus recursos (como energía, tiempo y memoria) para realizar sus tareas. Se pueden establecer una serie de indicadores específicos que permitan evaluar el rendimiento y la eficiencia del sistema para implementar esta dimensión (DATASCIENTEST, 2024).

### **Indicadores de la Dimensión Eficiencia en un Sistema Embebido** (DATASCIENTEST, 2024).

- a) **Tiempo de Respuesta:** Un menor tiempo de respuesta indica una mayor eficiencia del sistema embebido en procesar y ejecutar las tareas solicitadas.
- b) **Consumo de Energía:** Un menor consumo de energía para realizar la misma tarea indica una mayor eficiencia energética del sistema.
- c) **Utilización de la CPU:** Un uso eficiente de la CPU implica que el sistema logra ejecutar las tareas con una menor carga de procesamiento, lo que es indicativo de un sistema embebido bien optimizado.
- d) **Utilización de Memoria:** Un uso eficiente de la memoria implica que el sistema utiliza los recursos de memoria de manera óptima, evitando desperdicios y maximizando el rendimiento.
- e) **Tasa de Transferencia de Datos:** Una mayor tasa de transferencia de datos indica que el sistema puede mover información de manera rápida y eficiente, lo cual es esencial para su rendimiento global.
- f) **Eficiencia en el Uso de Recursos:** Un sistema eficiente maximiza el uso de sus recursos disponibles, minimizando el desperdicio.
- g) **Tiempo de Ejecución de Tareas:** Un menor tiempo de ejecución de tareas indica que el sistema embebido es capaz de procesar tareas rápidamente, lo cual es un signo de alta eficiencia.
- h) **Eficiencia de Algoritmos:** Algoritmos más eficientes requieren menos tiempo y memoria para ejecutarse, mejorando la eficiencia global del sistema.



Estos indicadores son útiles para medir la eficiencia de un sistema embebido en términos cuantificables. Al monitorear y optimizar estos indicadores, se puede garantizar que el sistema embebido no solo funcione correctamente, sino que también funcione de manera eficiente, utilizando los recursos de manera óptima y respondiendo rápidamente a las necesidades del entorno operativo (DATASCIENTEST, 2024).

### 3.2.6 Computer System Usability Questionnaire (CSUQ)

Medir la usabilidad es particularmente difícil porque la usabilidad no es un producto unidimensional o una característica del usuario, sino que surge como una característica multidimensional en el contexto de los usuarios que realizan tareas con un producto en un entorno específico (Bevan, Kirakowski y Maisel, 1991; Shackel, 1984). Sin embargo, si no puede medir la usabilidad, ¿cómo puede comparar su producto con el de sus competidores, o incluso con sus propias versiones anteriores del producto? Los métodos de medición apropiados para evaluar la usabilidad no son obvios y son una preocupación constante de los ingenieros de factores humanos involucrados en el desarrollo de sistemas informáticos (LEWIS, 1995).

El Cuestionario de Usabilidad, o CSUQ) confirmó la estructura del análisis preliminar de factores principales. En consecuencia, los profesionales de la usabilidad pueden utilizar estos cuestionarios para ayudarlos a medir la satisfacción de los usuarios con la usabilidad de los sistemas informáticos en el contexto de los estudios de usabilidad basados en escenarios (LEWIS, 1995).

#### a) Administración y Puntuación

El CSUQ en lugar del The Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) cuando el estudio de usabilidad se realice en un entorno que no sea de laboratorio. La Tabla 13 contiene las reglas para calcular las puntuaciones de CSUQ y The Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ). Promediar las puntuaciones de los ítems apropiados para obtener las puntuaciones de escala y subescala. Los puntajes bajos son mejores que los puntajes altos debido a las anclas utilizadas en las escalas de 7 puntos. Si un participante no responde un ítem o marca N/A, entonces se promedia los puntajes restantes del ítem (LEWIS, 1995).



**Tabla 13 — Rules for Calculating CSUQ/PSSUQ Scores**

Score Name	Average the Responses to
Satisfacción General	Items 1-19
Escala de Calidad del Sistema	Items 1-8
Escala de Calidad de la Información	Items 9-15
Escala de Calidad de la Interfaz	Items 16-18
FUENTE: Lewis, J. R. (1995)	

**b) Instrucciones e ítems**

Los ítems CSUQ usan el mismo formato que After-Scenario Questionnaire (ASQ). El cuestionario son instrucciones y los artículos siguen. Este cuestionario le brinda la oportunidad de expresar su satisfacción con la usabilidad de su sistema informático principal. Sus respuestas ayudarán a comprender qué aspectos del sistema le preocupan particularmente y los aspectos que te satisfacen. En la medida de lo posible, piense en todas las tareas que ha realizado con el sistema mientras responde a estas preguntas (LEWIS 1995).

1. En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar este sistema.
2. Es sencillo utilizar este sistema.
3. Puedo completar mi trabajo de manera efectiva usando este sistema.
4. Puedo completar mi trabajo rápidamente usando este sistema.
5. Puedo completar mi trabajo de manera eficiente usando este sistema.
6. Me siento cómodo usando este sistema.
7. Fue fácil aprender a usar este sistema.
8. Creo que me volví productivo rápidamente usando este sistema.
9. El sistema da mensajes de error que me indican claramente cómo solucionar los problemas.
10. Cada vez que me equivoco al usar el sistema, me recupero fácil y rápidamente.
11. La información (como ayuda en línea, mensajes en pantalla y otra documentación) proporcionada con este sistema es clara.
12. Es fácil encontrar la información que necesito.
13. La información proporcionada con el sistema es fácil de entender.
14. La información es efectiva para ayudarme a completar mi trabajo.
15. La organización de la información en las pantallas del sistema es clara.



16. La interfaz de este sistema es agradable.
17. Me gusta usar la interfaz de este sistema.
18. Este sistema tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga.
19. En general, estoy satisfecho con este sistema.

Para obtener el índice de confiabilidad en porcentaje de un cuestionario como el CSUQ, se calcula el alfa de Cronbach y luego se expresa en porcentaje. Este índice se calcula en una escala de 0 a 1, donde 1 indica una alta consistencia interna.

Interpretación del alfa de Cronbach (LEWIS 1995):

- Alfa  $> 0.9$ : Excelente confiabilidad.
- Alfa entre 0.8 y 0.9: Buena confiabilidad.
- Alfa entre 0.7 y 0.8: Aceptable confiabilidad.
- Alfa  $< 0.7$ : Baja confiabilidad.

### 3.3 Marco conceptual

#### a) Sistema

Es un grupo de componentes que se desarrollan en conjunto para lograr un objetivo específico con orden y precisión (UTUS, 2021).

#### b) Sistema de monitoreo

Los sistemas de monitoreo son herramientas de gestión encargadas de proporcionar información operativa para apoyar la toma de decisiones (BERRIOS, 2022).

#### c) Sistema de control

Un sistema de control se define como un conjunto de componentes que pueden ajustar su propio funcionamiento o el funcionamiento de otro sistema para lograr una operación específica, reduciendo así la posibilidad de error y logrando un resultado deseado (BERRIOS, 2022).

#### d) Sensor

Un sensor es un dispositivo que puede convertir señales físicas (temperatura, luz, sonido, etc.) en señales de corriente o voltaje eléctrico que pueden manipularse (medirse, amplificarse, transmitirse, etc.) (REYNA, 2015).



**e) Actuador**

Un actuador es un dispositivo que puede generar energía eléctrica a partir de energía líquida, eléctrica o gaseosa. Los actuadores reciben comandos de reguladores y controladores y generan la salida necesaria para operar actuadores como válvulas. Un actuador es un elemento que permite el control directo o indirecto de una variable de proceso (REYNA, 2015).

**f) Potencial de Hidrógeno**

El pH (potencial de hidrógeno) surge de la necesidad de cuantificar la acidez y la alcalinidad. Depende de la concentración molar del ion hidronio [ $\text{H}_3\text{O}^+$ ], que suele estar entre  $10^{-1}$  y  $10^{-14}$  mol/l, y el pH varía entre 1 y 14 (CAYLLAHUA, 2023).

**g) Conductividad Eléctrica**

Se define como la capacidad de una solución para transportar o conducir electricidad por unidad de área. Se mide en  $\text{S}/\text{cm}^2$  ( $\text{S}$  = Siemens, la unidad del sistema internacional para la conductancia) o mohs/cm. Esto le indicará cuánta sal se disuelve en la solución (CAYLLAHUA, 2023).

**h) Hidroponía**

La palabra hidroponía proviene de las palabras griegas HYDRO (agua) y PONOS (trabajo o labor), que literalmente significa trabajo en agua. Pero hoy se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. La hidroponía es una herramienta que permite cultivar plantas sin tierra, es decir, sin tierra (CAYLLAHUA, 2023).

**i) Solución nutritiva**

Una solución nutritiva es una mezcla de sales y ácidos que aporta nutrientes al suelo. Por ello, es necesario que las plantas aporten todos los nutrientes contenidos en el suelo (CAYLLAHUA, 2023).

**j) Invernadero**

Un invernadero es un área cerrada, estática y transitable para la producción de plantas, generalmente con un exterior de vidrio o plástico translúcido, y con controles de temperatura, humedad y otros controles para promover el desarrollo de las plantas (SUPO, 2019).

**k) Internet de las Cosas (IoT)**

Este concepto se refiere a la conexión digital entre los objetos de uso cotidiano e Internet, lo que significa que todos los dispositivos del mundo, ya sean vehículos, dispositivos de medición, sensores biológicos o cualquier otro objeto que necesite ser



monitoreado de forma inalámbrica, podrán estar conectados a Internet (MORA Y ROSAS, 2019).

**l) Humedad Relativa**

Se define como la acumulación de agua en el aire en relación con la humedad y temperatura presentes en el suelo. Cabe señalar que la humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura, es decir, cuanto mayor es la temperatura, menor es la humedad relativa (MORA Y ROSAS, 2019).

**m) Temperatura**

El fenómeno físico de la temperatura, expresado como calor, que se puede medir con un termómetro (UTUS, 2021).

**n) Base de datos no relacional – NoSQL**

Una base de datos NoSQL es un sistema de almacenamiento de información que no se adhiere a un esquema entidad-relación. Las bases de datos relacionales tradicionales operan sobre tablas, uniones y transacciones. Las bases de datos NoSQL no prescriben estructuras de datos en forma de tablas ni relaciones entre tablas (BERRIOS, 2022).



## CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

### 4.1 Tipo y nivel de investigación

#### 4.1.1 Tipo de investigación

Está basado en una investigación aplicada, debido a que tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo (LOZADA, 2014).

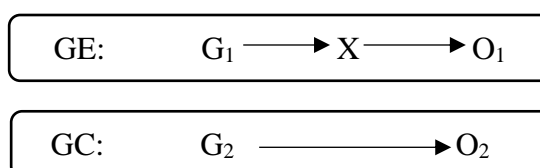
#### 4.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo.

“Los estudios explicativos van más allá de describir conceptos o fenómenos o establecer relaciones entre conceptos; es decir, pretenden responder a las causas de los eventos y hechos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés es explicar por qué ocurre un determinado fenómeno y en qué condiciones ocurre, o por qué se vinculan dos variables o más” (HERNÁNDEZ, 2014).

### 4.2 Diseño de la investigación

Se trabajó con el diseño Cuasi-experimental, “Los diseños cuasiexperimentales también cambian intencionalmente al menos una variable independiente para determinar su efecto en varias variables dependientes. Los sujetos no fueron agrupados ni combinados, sino que los grupos ya estaban formados antes de realizar los experimentos: son grupos intactos” (HERNÁNDEZ, 2014).



**Donde:**

**GE** = Conjunto de grupo experimental, recibe sistema automatizado.

**GC** = Conjunto de grupo control, no recibe sistema automatizado.

**G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub>** = PreTest.

**O<sub>1</sub> y O<sub>2</sub>** = PosTest.

**X** = Variable independiente (Sistema automatizado).



Esto significa que al grupo experimental se aplicara el método (sistema automatizado) y se compara con lo que no usan el sistema automatizado.

### 4.3 Población y muestra

#### 4.3.1 Población

La población es el “conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (HERNÁNDEZ, 2014).

La población está constituida por 50 plantas de tomate. (Ver Anexo 02)

#### 4.3.2 Muestra

La muestra es, “en esencia, un subgrupo de la población, es decir, un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (HERNÁNDEZ, 2014).

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{e^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Dónde:

- **n:** Tamaño de la muestra
- **N:** Población
- El nivel de confianza determinado por el investigador es 95% (0.95).
- **e:** Es el error de estimación máximo aceptado, la cantidad de error de muestreo aleatorio, resultado de la elaboración de la investigación. Como el nivel de confianza es igual a 95% (0.95), entonces el error es igual a 1-0.95, que es igual a 0.05 (5%).
- **Z:** Es el parámetro estadístico que depende del nivel de confianza, que es el grado de certeza o probabilidad, expresado en porcentaje con el que se pretende realizar la estimación de un parámetro a través de un estadístico muestral. Para calcular  $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ , con un nivel de confianza del 95% (0.95) y error de 5% (0.05), primero se calculó  $1 - \frac{0.05}{2}$ , que es igual a 0.975. Lo siguiente, es buscar en la tabla estadística de Z, y verificar con que coordenadas está relacionada.

Finalmente, se determinó que el valor de Z es igual a:

$$Z_{0.975} = 1.9 + 0.06 = \mathbf{1.96}$$



- **p:** Es la probabilidad de éxito, como no se tiene investigaciones pasadas (no se conoce **p**), entonces se da la mitad del peso al evento estudiado, es decir, 50% (0.05) de éxito.
- **q:** Es la probabilidad de fracaso, como no se tiene investigaciones pasadas (no se conoce **q**), entonces se da la mitad de peso al evento, es decir, 50% (0.05) de fracaso.

Para calcular se toman los valores:

- $n$  = Tamaño de la muestra
- $N = 50$
- $Z = 1.96$
- $e = 0.05$  (5%)
- $p = 0.5$
- $q = 0.5$

Aplicando la fórmula:

$$n = \frac{1,96^2(0,5)(0,5) * 50}{0,05^2(50 - 1) + 1,96^2(0,5)(0,5)} = 44,34$$

Redondeando, la muestra está constituida por **44** plantas de tomate.

Grupo control y grupo experimental cada una con 22 plantas de tomate.

#### 4.4 Procedimiento

La investigación siguió el siguiente procedimiento:

##### **Etapas I: Recolección de información**

- Se observa la problemática existente.

##### **Etapas II: Análisis de la información**

- Se analiza la información obtenida y se obtiene los requerimientos que tendrá el sistema automatizado.

##### **Etapas III: Desarrollo del sistema**

- Desarrollo del diseño del sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.
- Desarrollo de la aplicación web y móvil para el sistema automatizado que mejora el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

#### **Etapa IV: Implementación del sistema**

- Se realizaron pruebas del sistema
- Se realizaron el control de usabilidad del sistema
- Se implementó el sistema
- Se realizó las capacitaciones y mantenimiento del sistema

#### **Etapa V: Tratamiento de los datos**

- Se realizó el análisis de resultados
- Se realizó la comparación de los resultados

#### **Etapa VI: Informe final**

- Se realizó el informe final
- Se realizó las conclusiones y recomendaciones
- Presentación de informe final

### **4.5 Técnica e instrumentos**

#### **4.5.1 Técnica**

La técnica empleada para recolectar la información fue:

- **Encuesta:** Una encuesta se basa en un cuestionario o conjunto de preguntas diseñadas para obtener información de las personas.
- **Observación:** Mediante el cual se procedió a mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía, para que de esta manera solucionarlo a través del sistema automatizado.

#### **4.5.2 Instrumento**

- Cuestionario
- Guía de observación

### **4.6 Análisis estadístico**

Para las hipótesis específicas, como indica (SOLANO, 2017) cuando la muestra es mayor a 30, se usa la distribución normal.

$$Z_p = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$



Donde:

$\bar{x}_1$  : Media aritmética de la muestra 1

$\bar{x}_2$  : Media aritmética de la muestra 2

$\sigma_1$  : Desviación estándar de la muestra 1

$\sigma_2$  : Desviación estándar de la muestra 2

$n_1$  : Tamaño de la muestra 1

$n_2$  : Tamaño de la muestra 2

## CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Análisis de resultados

Los principales resultados obtenidos en la presente investigación, se detallan a continuación:

#### 5.1.1 Resultado del procesamiento de datos

Para la obtención de los resultados, se realizó un análisis de las respectivas muestras (sin y con uso del sistema automatizado). Para evaluar la muestra sin aplicación, se usó un control de temperatura (se maneja de forma manual). Para evaluar la otra muestra, se usó el sistema automatizado desarrollada.

##### 5.1.1.1 Resultado del procesamiento que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía

Para los resultados obtenidos, se realizó un análisis de la muestra. Para evaluar los resultados sin el uso del sistema automatizado, se usó un control de temperatura (de maneja de forma manual) para determinar la cantidad de veces que sale del rango óptimo en una semana y para evaluar los resultados con uso del sistema automatizado, se usó la información de la aplicación web desarrollada. Ambos escenarios se evaluaron en un intervalo de 10 minutos. Los resultados a más detalle se encuentran en el Anexo 03.

**Tabla 14 — Resultado que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía**

	Muestra sin uso del sistema automatizado	Muestra con uso del sistema automatizado
<b>Total de veces que la temperatura sale del rango óptimo</b>	137 veces en la semana que sale del rango óptimo	22 veces en la semana que sale del rango óptimo
<b>Promedio de la temperatura cuando sale del rango óptimo</b>	19.57 veces en la semana que sale del rango óptimo	3.14 veces en la semana que sale del rango óptimo



**Interpretación:** En la tabla se aprecia que, mediante los datos obtenidos de cada muestra, se concluye que, usando el sistema automatizado, la cantidad y promedio que sale del rango óptimo se reduce totalmente, es decir de una cantidad de 137 veces que sale del rango óptimo en una semana y con un promedio de 19.57 veces que sale del rango óptimo en una semana, con el uso del sistema automatizado se reduce a un total de 22 veces que sale del rango óptimo en una semana, con un promedio de 3.14 veces que sale del rango óptimo en una semana.

#### 5.1.1.2 Resultado del procesamiento que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía

Para los resultados obtenidos, se realizó un análisis de la muestra. Para evaluar los resultados (sin y con el uso del sistema automatizado), se usó un módulo de monitoreos sobre las mediciones de la temperatura. Los resultados a más detalle se encuentran en el Anexo 04.

**Tabla 15 — Resultado que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía**

	Muestra sin uso del sistema automatizado	Muestra con uso del sistema automatizado
<b>Total de mediciones de la temperatura en el cultivo de tomate</b>	8 mediciones de temperatura en la semana	1 medición de temperatura en la semana
<b>Promedio de mediciones de la temperatura en el cultivo de tomate</b>	1.14 mediciones de temperatura en la semana	0.14 mediciones de temperatura en la semana

**Interpretación:** En la tabla se aprecia que, mediante los datos obtenidos de cada muestra, se concluye que, usando el sistema automatizado, la cantidad de mediciones se reduce totalmente, es decir de un total de 8 mediciones en una semana y promedio de 1.14 mediciones en una semana, con el uso del



sistema automatizado se reduce a un total de 1 medición en una semana, con un promedio de 0.14 mediciones en una semana.

### 5.1.1.3 Resultado del procesamiento de control de temperatura

Para obtener los resultados del control de temperatura, se consideró el resultado de cantidad de veces en una semana que la temperatura sale del rango óptimo y cantidad de veces en una semana que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía. Obteniendo los siguientes resultados. Para más detalle, se puede revisar los Anexos 03 y 04.

**Tabla 16 — Resultado de control de temperatura**

Totales	Muestra sin uso del sistema automatizado	Muestra con uso del sistema automatizado	Porcentaje de disminución y reducción
Total de veces que la temperatura sale del rango óptimo	137 veces en la semana que sale del rango	22 veces en la semana que sale del rango óptimo	83.94%
Total de mediciones de la temperatura en el cultivo de tomate	8 mediciones de temperatura en la semana	1 medición de temperatura en la semana	87.50%

**Interpretación:** En la tabla se aprecia que, mediante los datos obtenidos de cada muestra y de los resultados anteriores, se obtuvo una reducción en un 83.94% de cantidad de veces en una semana que la temperatura sale del rango óptimo y una disminución del 87.50% en la cantidad de veces en una semana que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

### 5.1.2 Resultado de la usabilidad del usuario de la aplicación web y móvil

Para la medición de la usabilidad del usuario de la aplicación web, se utilizó el cuestionario CSUQ, elaborada de manera digital, que fue aplicado a 15 usuarios que tienen acceso a la aplicación web (personas conocedoras y que interactúan con la aplicación web, para el manejo de las operaciones del invernadero). Para más información de los resultados en el cuestionario, este se encuentra en el Anexo 05.



### 5.1.2.1 Usabilidad de la aplicación web y móvil

La Tabla 17 muestra los resultados de usabilidad a la aplicación aplicado a los usuarios, en el cual “Nro de pregunta” describe la secuencia de la pregunta; el “Promedio ideal” describe la escala de puntos, donde 1 representa “totalmente en desacuerdo” y 7 “totalmente de acuerdo”; y “Promedio obtenido” describe el promedio total de todos los usuarios por pregunta.

Mediante el planteamiento de las 19 preguntas de usabilidad a la aplicación web, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 17 — Resultado de usabilidad a la aplicación web**

<b>Nro de pregunta</b>	<b>Promedio ideal</b>	<b>Promedio obtenido</b>
Pregunta 1	7	5.93
Pregunta 2	7	6.13
Pregunta 3	7	6.07
Pregunta 4	7	6.20
Pregunta 5	7	6.20
Pregunta 6	7	6.20
Pregunta 7	7	6.27
Pregunta 8	7	5.87
Pregunta 9	7	5.93
Pregunta 10	7	5.93
Pregunta 11	7	6.13
Pregunta 12	7	6.00
Pregunta 13	7	6.00
Pregunta 14	7	6.33
Pregunta 15	7	5.93
Pregunta 16	7	6.13
Pregunta 17	7	6.07
Pregunta 18	7	5.93
Pregunta 19	7	6.27
<b>Total</b>	133 = 100%	115.53 = 86.86%



**Interpretación:** De acuerdo al resultado, se concluye que la usabilidad a la aplicación web, es aceptado favorablemente en un 86.86% por los usuarios. La fiabilidad o confiabilidad se evalúa comúnmente mediante el cálculo del alfa de Cronbach, que mide la consistencia interna de las respuestas del cuestionario. Se utilizó el software estadístico SPSS para calcular este alfa de Cronbach y obtener el porcentaje de confiabilidad de los datos recolectados. En la Tabla 18, se puede observar los resultados obtenidos al realizar el análisis de fiabilidad, donde podemos ver que alfa es igual a 0.978. Se tiene la siguiente interpretación del alfa de Cronbach:

- Alfa > 0.9: Excelente confiabilidad.
- Alfa entre 0.8 y 0.9: Buena confiabilidad.
- Alfa entre 0.7 y 0.8: Aceptable confiabilidad.
- Alfa < 0.7: Baja confiabilidad.

El alfa de Cronbach del CSUQ es **0.978**, esto corresponde a una confiabilidad de **97.8%**, lo cual indica una muy buena confiabilidad.

**Tabla 18 — Estadística de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N° de elementos
0.978	0.979	19

En la Tabla 19 se tiene la media, varianza y desviación estándar de las 19 preguntas de CSUQ. Se tiene la siguiente interpretación:

- La media de todas las preguntas es alta, significa que el sistema tiene una buena usabilidad en términos generales.
- La alta varianza indicaría que algunos aspectos del sistema pueden estar funcionando bien para algunos usuarios, pero no para otros, lo cual puede señalar áreas que requieren mejoras.
- La desviación estándar es baja, indica que los usuarios tienen una experiencia consistente, lo cual es positivo.



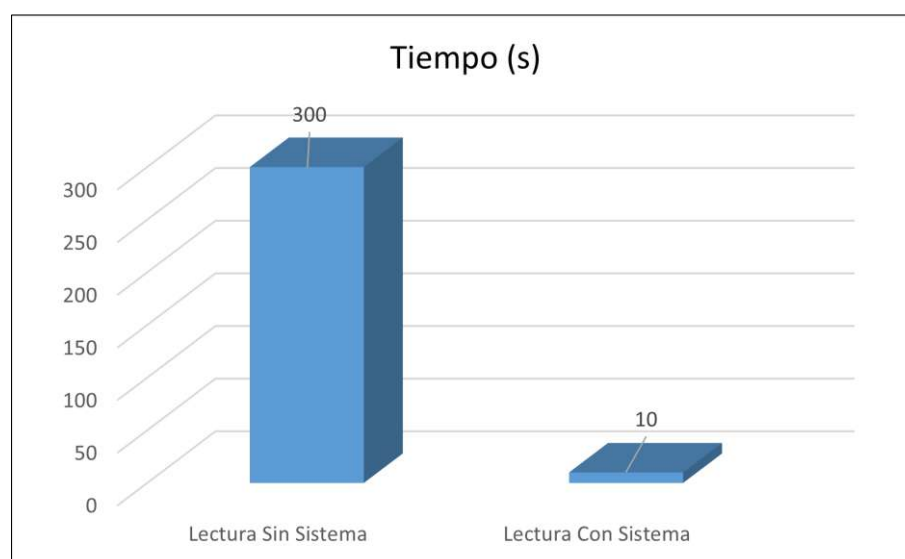
**Tabla 19 — Estadística de escala**

Media	Varianza	Desv. Estándar	N° de elementos
115.53	263.695	16.239	19

### 5.1.3 Resultado de la eficiencia del sistema automatizado

Para la medición de la eficiencia, se aplicó tanto el módulo “Con Sistema” y “Sin Sistema” en el cultivo de tomate con hidroponía, esta medición de eficiencia se realizó mediante el control de tiempo para la obtención de valor de temperatura ambiente, temperatura de agua, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y humedad relativa para la cual he definido como lectura “Sin Sistema” y lectura “Con Sistema”.

Obteniendo el siguiente resultado que se muestra en la siguiente Figura 26.



**Figura 26 — Lectura para sensores**

Luego de observar las diferencias entre lectura “Sin Sistema” y lectura “Con Sistema”, se concluye que la eficiencia obtenida para lectura “Con Sistema” es mayor en un 96.67% respecto a la lectura “Sin Sistema”.



## 5.2 Contratación de hipótesis

### 5.2.1 Contratación de hipótesis para la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo

#### a) Formulación de hipótesis

##### Hipótesis específica 1

Utilizando el sistema automatizado, se reduce la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.

##### Hipótesis estadística

$H_0: \mu_1 = \mu_2$  Utilizando el sistema automatizado, no se reduce la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.

$H_1: \mu_1 < \mu_2$  Utilizando sistema automatizado, se reduce la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.

#### b) Recopilación de información

Tabla 20 — Recopilación de datos para hipótesis específica 1

Muestra	Total de veces que la temperatura sale del rango óptimo	Promedio de la temperatura cuando sale del rango óptimo	Desviación estándar
Con uso del sistema automatizado	22	3.14	1.215
Sin uso del sistema automatizado	137	19.57	10.342

#### c) Estadístico

Se utilizó el estadístico de distribución normal o estadístico Z, como se indica en el numeral 4.6.



$$Z_p = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

- $\bar{x}_1$  : Media aritmética de la muestra 1
- $\bar{x}_2$  : Media aritmética de la muestra 2
- $\sigma_1$  : Desviación estándar de la muestra 1
- $\sigma_2$  : Desviación estándar de la muestra 2
- $n_1$  : Tamaño de la muestra 1
- $n_2$  : Tamaño de la muestra 2

**d) Nivel de significancia**

El nivel de significancia que se tomó para la investigación fue de  $\alpha = 5\% \cong 0.05$ .

**e) Prueba estadística**

Se reemplazan los datos en la fórmula respectiva:

- $\bar{x}_1$  : 3.14
- $\bar{x}_2$  : 19.57
- $\sigma_1$  : 1.215
- $\sigma_2$  : 10.342
- $n_1$  : 22
- $n_2$  : 22

$$Z_p = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$
$$Z_p = \frac{3.14 - 19.57}{\sqrt{\frac{1.215^2}{22} + \frac{10.342^2}{22}}}$$

$$Z_p = -7.40061$$



f) **Región crítica**

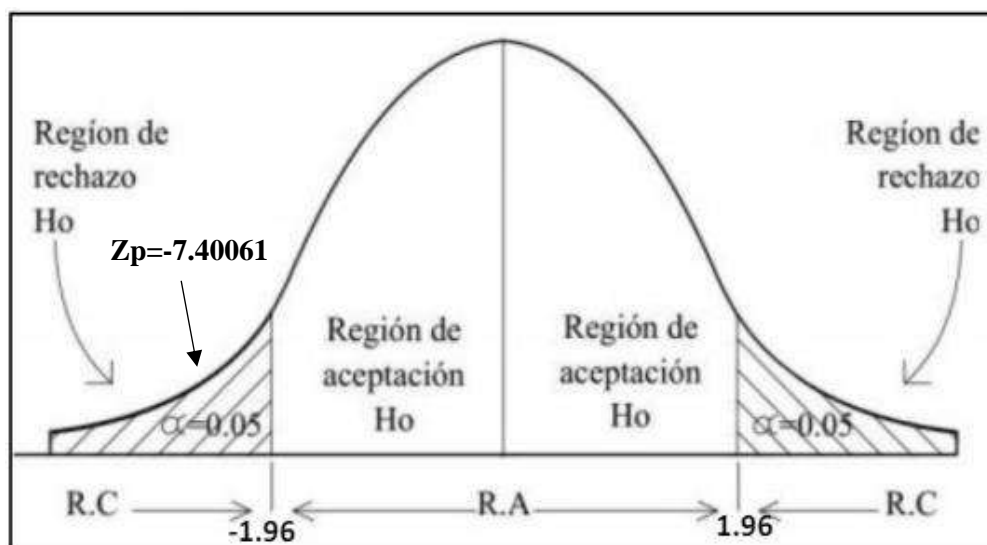


Figura 27 — Región crítica de la hipótesis específica 1

g) **Decisión**

Como  $Z_p = -7.40061$  y se encuentra en el rango de la región crítica, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir que, utilizando el sistema automatizado, se disminuye la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.

**5.2.2 Contrastación de hipótesis para la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura**

a) **Formulación de hipótesis**

**Hipótesis específica 2**

Utilizando el sistema automatizado de control de temperatura, se reduce la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

**Hipótesis estadística**

$H_0: \mu_1 = \mu_2$  Utilizando el sistema automatizado de control de temperatura, no se reduce la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.



$H_1: \mu_1 < \mu_2$ : Utilizando el sistema automatizado de control de temperatura, se reduce la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

**b) Recopilación de datos**

**Tabla 21 — Recopilación de datos de la hipótesis específica 2**

Muestra	Total de mediciones de la temperatura	Promedio de mediciones de la temperatura	Desviación estándar
Con uso de sistema automatizado	1	0.14	0.378
Sin uso de sistema automatizado	8	1.14	1.069

**c) Estadístico**

Se utilizó el estadístico de distribución normal o estadístico Z, como se indica en el numeral 4.6.

$$Z_p = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

- $\bar{x}_1$  : Media aritmética de la muestra 1
- $\bar{x}_2$  : Media aritmética de la muestra 2
- $\sigma_1$  : Desviación estándar de la muestra 1
- $\sigma_2$  : Desviación estándar de la muestra 2
- $n_1$  : Tamaño de la muestra 1
- $n_2$  : Tamaño de la muestra 2

**d) Nivel de significancia**

El nivel de significancia que se tomó para la investigación fue de  $\alpha = 5\% \cong 0.05$ .

**e) Prueba estadística**

Se reemplazan los datos en la fórmula respectiva:

- $\bar{x}_1$  : 0.14
- $\bar{x}_2$  : 1.14
- $\sigma_1$  : 0.378



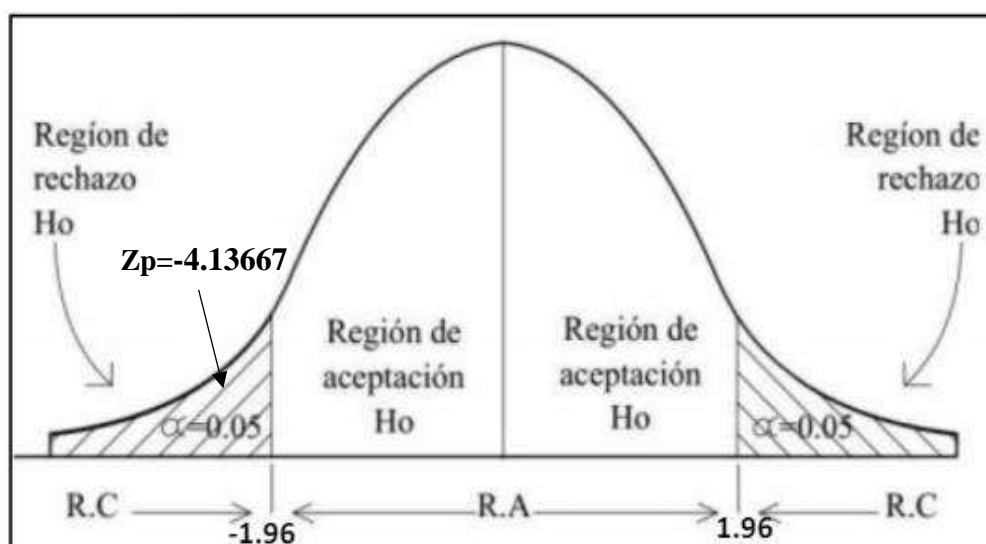
$\sigma_2$  : 1.069  
 $n_1$  : 22  
 $n_2$  : 22

$$Z_p = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

$$Z_p = \frac{0.14 - 1.14}{\sqrt{\frac{0.378^2}{22} + \frac{1.069^2}{22}}}$$

$$Z_p = -4.13667$$

**f) Región crítica**



**Figura 28 — Región crítica de la hipótesis específica 2**

**g) Decisión**

Como  $Z_p = -4.13667$  y se encuentra en el rango de la región crítica, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir que, utilizando el sistema automatizado, se reduce la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

**5.2.3 Contrastación de hipótesis del control de temperatura**

**a) Formulación de hipótesis**

**Hipótesis general**

Utilizando el sistema automatizado, se mejora el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.



### Hipótesis estadística

$H_0: \mu_1 = \mu_2$  Utilizando el sistema automatizado, no se mejora el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

$H_1: \mu_1 > \mu_2$ : Utilizando el sistema automatizado, se mejora el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

### b) Recopilación de datos

Para la hipótesis general, se usaron los datos de los totales de los resultados de los 2 indicadores (sin uso y con uso del sistema automatizado). La Tabla 20 muestra la información de los datos recopilados cuando sale del rango óptimo con y sin el sistema automatizado:

**Tabla 22 — Recopilación de datos para hipótesis general**

Resultados Indicadores	Con uso del sistema automatizado	Sin uso del sistema automatizado
Total de veces que la temperatura sale del rango óptimo	22 veces en la semana que sale del rango óptimo	137 veces en la semana que sale del rango óptimo
Total de mediciones de la temperatura en el cultivo de tomate	1 medición de temperatura en la semana	8 mediciones de temperatura en la semana

Los resultados que se obtuvieron de las pruebas de hipótesis específicas, demuestran que el sistema automatizado reduce la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo y disminuye la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, donde menciona que el sistema automatizado mejora el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

### 5.3 Discusión

Por medio de los resultados obtenidos, se logró obtener la mejora del control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía de manera significativa, a través de las pruebas de hipótesis específicas, por lo cual, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir que utilizando el sistema automatizado se mejora el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay - 2023. Este hallazgo guarda relación con lo que sostienen (GARCÍA, 2020), en su investigación desarrollada,



donde se logró monitorizar la temperatura de aire en tiempo real durante un año completo en diferentes puntos del interior de un invernadero típico de Almería y en el exterior, por medio de una red inalámbrica se sensores distribuida equitativamente en horizontal y vertical, asimismo, guarda relación con lo que sostiene (HERNÁNDEZ, 2019) quien mediante el diseño e implementación de un sistema de control inteligente para invernaderos domésticos recopiló información de diferentes sensores, clasificando las medidas y mostrándolas al usuario final local y remotamente.

También, se obtuvo disminuir la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.

Por otro lado, se obtuvo que utilizando el sistema automatizado, se obtuvo disminuir la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía, este resultado guarda relación con lo que sostiene (HERNÁNDEZ, 2019), quien a través de la implementación de un sistema de control inteligente para invernaderos domésticos permitió procesar información recopilada de los sensores, tomando decisiones localmente, donde las clasifiqué en alertas de errores o alarmas y acciones sobre actuadores, asimismo, guarda relación con lo que sostiene (NATA Y SILVA, 2019), quien a través de su investigación concluye que con la implementación de un sistema de monitoreo se logró el monitoreo de los niveles de temperatura controlando las variables físicas, permitiendo un sistema funcional y versátil operando de forma rápida y precisa de acuerdo al comportamiento que presente el invernadero.

A partir de los hallazgos encontrados, el sistema automatizado desarrollada es fructífera para los invernaderos y agricultores, debido a que por medio de su implementación se lograron resultados óptimos en cuanto a la mejora del control de temperatura en el cultivo de tomate que tiene los invernaderos, reduciendo así la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo y reduciendo la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.

## **5.4 Sistema automatizado**

### **5.4.1 Propósito**

El propósito de la investigación fue el desarrollo de los módulos respectivos del sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023.



### 5.4.2 Características

Los módulos del sistema automatizado son los siguientes:

- a) Sensor de temperatura ambiente: Se realiza la lectura de la temperatura ambiente en Celsius o Fahrenheit.
- b) Sensor de humedad relativa: Se realiza la lectura de la humedad en Porcentaje.
- c) Sensor de temperatura agua: Se realiza la lectura de la temperatura agua en Celsius o Fahrenheit.
- d) Actuador foco: Se realiza el encendido o apagado del actuador foco, cuando la temperatura sale del rango mínimo.
- e) Actuador ventana: Se realiza el abrir o cerrar el actuador ventana, cuando la temperatura sale del rango máximo.
- f) Actuador ventilador: Se realiza el encendido o apagado del actuador ventilador, cuando la temperatura sale del rango máximo.
- g) Actuador calefactor: Se realiza el encendido o apagado del actuador calefactor, cuando la temperatura sale del rango mínimo.

Para visualizar los módulos respectivos y la interfaz del sistema automatizado revise el Anexo 06.

### 5.4.3 Definición y acrónimos

- a) CS: Con Sistema
- b) SS: Sin Sistema
- c) DHT: Es un sensor de temperatura y humedad que se utiliza para medir la temperatura y la humedad relativa del ambiente en el que se encuentra.
- d) BOT: Es una aplicación de software automatizada que realiza tareas repetitivas en una red.
- e) GPIO: es un pin genérico en un chip, cuyo comportamiento se puede controlar por el usuario en tiempo de ejecución.
- f) Firestore: Es una base de datos de documentos NoSQL que permite almacenar, sincronizar y consultar fácilmente datos en tus apps web y para dispositivos móviles a escala global.
- g) Domoticz: Es un diseño de sistema de domótica para controlar varios dispositivos y recibir información de diferentes sensores.



- h) Telegram: Es una aplicación de mensajería enfocada en la velocidad y seguridad, es súper rápida, simple y gratuita.
- i) Adafruit: Es una librería de Python que nos permite la lectura de los sensores de temperatura.
- j) AtlasI2C: Es un paquete de Python para comunicarse con dispositivos Atlas Scientific en modo I2C.
- k) SDK: Es un kit de desarrollo de software (SDK) es un conjunto de herramientas de creación específicas de plataformas para desarrolladores.
- l) Raspberry PI: Es una computadora de bajo costo y con un tamaño compacto, del porte de una tarjeta de crédito.

#### 5.4.4 Herramientas utilizadas

Las herramientas que se utilizaron para el desarrollo son:

- a) Lenguajes de programación (Python).
- b) Computadora (Raspberry Pi).
- c) API (REST – Telegram Bot).
- d) Sistema domótico (Domoticz).
- e) Sistema de control de versiones Git.
- f) Cliente de control de versiones GitHub Desktop.
- g) Editor de desarrollo Visual Studio Code.
- h) Gestor de base de datos NoSQL Cloud Firestore.
- i) Editor de base de datos Refi App.

#### 5.4.5 Personas y roles

**Tabla 23 — Personas y roles**

<b>Integrante</b>	<b>Rol</b>
Edgar Wilber Alcarraz Quispe	Product Owner
Irwin Estrada Torres	Scrum Master
Irwin Estrada Torres	Development Team



## 5.4.6 Pila del producto (Product Backlog)

### Historia de Usuario

A continuación, se muestra una tabla de resumen de las historias de usuario:

**Tabla 24 — Lista de historias de usuario**

Número	Descripción	Prioridad
HU-01	Acceder al sistema automatizado	Alta
HU-02	Seleccionar invernadero	Alta
HU-03	Consultar cultivo	Media
HU-04	Registrar monitoreo	Alta
HU-05	Registrar notificación	Alta
HU-06	Lectura de sensores	Alta
HU-07	Activar o desactivar actuadores	Alta
HU-08	Registrar en domoticz	Alta
HU-09	Crear el Telegram Bot	Alta

### Requisitos de Software

A continuación, se muestra una tabla de resumen de los requisitos de software:

**Tabla 25 — Lista de requisitos de software**

Número	Descripción	Prioridad
RS-01	Autenticación a firestore	Alta
RS-02	Cargar periodo	Alta
RS-03	Registrar monitoreo	Alta
RS-04	Registrar notificación	Alta
RS-05	Consultar invernadero	Media
RS-06	Verificar periodo	Media
RS-07	Consultar cultivo	Media
RS-08	Consultar ultima notificación	Media
RS-09	Lectura de temperatura ambiente	Alta
RS-10	Lectura de temperatura agua	Alta
RS-11	Lectura de humedad relativa	Alta
RS-12	Encender o apagar foco	Alta
RS-13	Encender o apagar calefactor	Alta
RS-14	Encender o apagar ventilador	Alta
RS-15	Abrir o cerrar ventana	Alta
RS-16	Registrar en domoticz	Alta
RS-17	Autenticación a la Api Telegram Bot	Media
RS-18	Guía de usuario para el Bot	Media



### Relación de Historias de Usuario y Requisitos de Software

A continuación, se muestra una tabla de resumen de la relación entre las historias de usuario y los requisitos de software:

**Tabla 26 — Relación de historias de usuario y requisitos de software**

Historias de Usuario	Requisitos de Software	Prioridad
HU-01	RS-01	Alta
HU-02	RS-05	Media
HU-03	RS-07	Media
HU-04	RS-06	Media
	RS-02	Alta
	RS-03	Alta
HU-05	RS-08	Media
	RS-04	Alta
HU-06	RS-09	Alta
	RS-10	Alta
	RS-11	Alta
HU-07	RS-12	Alta
	RS-13	Alta
	RS-14	Alta
	RS-15	Alta
HU-08	RS-16	Alta
HU-09	RS-17	Media
	RS-18	Media

### Detalle de los Requisitos de Software

A continuación, se muestra las tablas donde se detalla cada requisito de software:

**Tabla 27 — Requisito de autenticación a firestore**

RS-01: Autenticación a Firestore	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Una vez que se importa firebase_admin y se genera la cuenta de servicio de Google, se procede a autenticar pasando la ruta de la cuenta de servicio. Finalmente, inicializamos el sdk.	



<b>Observación</b> Ninguna.
--------------------------------

**Tabla 28 — Requisito de cargar periodo**

<b>RS-02: Cargar periodo</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se realiza el registro del monitoreo se registra primero el periodo con los datos de la fecha del momento que ocurre el monitoreo.	
<b>Observación</b> Es necesario validar si existe el periodo registrado.	

**Tabla 29 — Requisito de registrar monitoreo**

<b>RS-03: Registrar monitoreo</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se realiza el registro del monitoreo se procede a recopilar los datos de temperatura ambiente, temperatura agua y humedad relativa.	
<b>Observación</b> Es necesario que exista el periodo registrado.	

**Tabla 30 — Requisito de registrar notificación**

<b>RS-04: Registrar notificación</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se realiza el registro de la notificación se procede a recopilar los datos de temperatura ambiente, temperatura agua y humedad relativa que sale del rango óptimo.	



**Observación**

Es necesario que exista el periodo registrado.

**Tabla 31 — Requisito de consultar invernadero**

<b>RS-05: Consultar invernadero</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a consultar el invernadero a monitoreo para poder recuperar parámetros del invernadero, como, encendido del monitoreo, intervalo para que el segundo actuador entre en acción, y otros parámetros configurables.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 32 — Requisito de verificar periodo**

<b>RS-06: Verificar periodo</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a consultar el periodo para no registrar otra vez, y asociar el monitoreo al periodo existente.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 33 — Requisito de consultar cultivo**

<b>RS-07: Consultar cultivo</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b>	



Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a consultar el cultivo para saber los parámetros, como, temperatura ambiente mínimo y máximo, en base a esos valores tomar ciertas acciones.
<b>Observación</b> Ninguna.

**Tabla 34 — Requisito de consultar ultima notificación**

<b>RS-08: Consultar última notificación</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Bajo
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a consultar la última notificación para enviar diario la notificación “revisar solución nutritiva” porque esta revisión debe ser diaria.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 35 — Requisito de lectura de temperatura ambiente**

<b>RS-09: Lectura de temperatura ambiente</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se registrar un monitoreo se procede a recopilar la temperatura ambiente del sensor DHT22 en grado Celsius.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 36 — Requisito de lectura de temperatura agua**

<b>RS-10: Lectura de temperatura agua</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b>	



Cuando se registrar un monitoreo se procede a recopilar la temperatura agua del sensor PT-1000 Temperature Probe with en grado celsius.
<b>Observación</b> Ninguna.

**Tabla 37 — Requisito de lectura de humedad relativa**

<b>RS-11: Lectura de humedad relativa</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se registrar un monitoreo se procede a recopilar la humedad relativa del sensor DHT22 en porcentaje.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 38 — Requisito de encender o apagar foco**

<b>RS-12: Encender o apagar foco</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a consultar la temperatura ambiente en el invernadero para evaluar si esta fuera o dentro del rango óptimo para encender o apagar el actuador foco.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 39 — Requisito de encender o apagar calefactor**

<b>RS-13: Encender o apagar calefactor</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3

<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres
<b>Descripción</b> Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a consultar la temperatura ambiente en el invernadero para evaluar si esta fuera o dentro del rango óptimo para encender o apagar el actuador calefactor.
<b>Observación</b> Ninguna.

**Tabla 40 — Requisito de encender o apagar ventilador**

<b>RS-14: Encender o apagar ventilador</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a consultar la temperatura ambiente en el invernadero para evaluar si esta fuera o dentro del rango óptimo para encender o apagar el actuador ventilador.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 41 — Requisito de abrir o cerrar ventana**

<b>RS-15: Abrir o cerrar ventana</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a consultar la temperatura ambiente en el invernadero para evaluar si esta fuera o dentro del rango óptimo para abrir o cerrar el actuador ventana.	
<b>Observación</b> Ninguna.	



**Tabla 42 — Requisito de registrar en domoticz**

<b>RS-16: Registrar en domoticz</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Bajo
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando se inicia el bucle infinito del monitoreo se procede a guardar en domoticz la temperatura ambiente, temperatura agua, humedad relativa, a través, de su api local.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 43 — Requisito de autenticación a la Api Telegram Bot**

<b>RS-17: Autenticación a la Api Telegram Bot</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 4
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Una vez que se importa Telegram y se genera el token en Telegram, se procede a autenticar pasando la ruta del token. Finalmente inicializamos el builder del bot.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 44 — Requisito de guía de usuario para el Bot**

<b>RS-18: Guía de usuario para el Bot</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 4
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b>	



Cuando iniciamos el bot, tenemos algunos comandos, entre ellos el comando “/help”, que nos brinda toda la información para interactuar con el bot del invernadero.
<b>Observación</b> Ninguna.

#### 5.4.7 Pila del sprint (Sprint Backlog)

A continuación, los sprint considerados para este proyecto:

**Tabla 45 — Primer Sprint**

<b>Sprint</b>	<b>Tiempo de Sprint</b>			<b>Avance</b>
1	2 semanas			<b>Total</b> <b>100%</b>
<b>N° de Tarea</b>	<b>Descripción de Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>	<b>Avance</b>
1	Autenticación a Firestore	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
2	Registrar periodo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
3	Registrar monitoreo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
4	Registrar notificación	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
5	Consultar invernadero	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
6	Consultar periodo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
7	Consultar cultivo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
8	Consultar última notificación	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%



**Tabla 46 — Segundo Sprint**

<b>Sprint</b>	<b>Tiempo de Sprint</b>			<b>Avance</b>
2	2 semanas			<b>Total</b> <b>100%</b>
<b>N° de Tarea</b>	<b>Descripción de Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>	<b>Avance</b>
9	Lectura de temperatura ambiente	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
10	Lectura de temperatura agua	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
11	Lectura de humedad relativa	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%

**Tabla 47 — Tercer Sprint**

<b>Sprint</b>	<b>Tiempo de Sprint</b>			<b>Avance</b>
3	2 semanas			<b>Total</b> <b>100%</b>
<b>N° de Tarea</b>	<b>Descripción de Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>	<b>Avance</b>
12	Encender o apagar foco	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
13	Encender o apagar calefactor	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
14	Encender o apagar ventilador	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
15	Abrir o cerrar ventana	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
16	Registrar en domoticz	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%



Tabla 48 — Cuarto Sprint

<b>Sprint</b>	<b>Tiempo de Sprint</b>			<b>Avance</b>
4	2 semanas			<b>Total</b> <b>100%</b>
<b>N° de Tarea</b>	<b>Descripción de Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>	<b>Avance</b>
17	Autenticación a la Api Telegram Bot	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
18	Guía de usuario para el Bot	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%

#### 5.4.8 Diagramas de procesos

A continuación, se presenta una lista de los diagramas de procesos (Ver Anexo 08):

Tabla 49 — Lista de diagramas de procesos

<b>Número</b>	<b>Descripción</b>
01	Autenticación a firestore
02	Registrar periodo
03	Registrar monitoreo
04	Registrar notificación
05	Consultar invernadero
06	Consultar periodo
07	Consultar cultivo
08	Consultar ultima notificación
09	Lectura de temperatura ambiente
10	Lectura de temperatura agua
11	Lectura de humedad relativa
12	Encender o apagar foco
13	Encender o apagar calefactor
14	Encender o apagar ventilador
15	Abrir o cerrar ventana
16	Registrar en domoticz
17	Autenticación a la Api Telegram Bot
18	Guía de usuario para el Bot

### 5.4.9 Diseño lógico del bot de Telegram

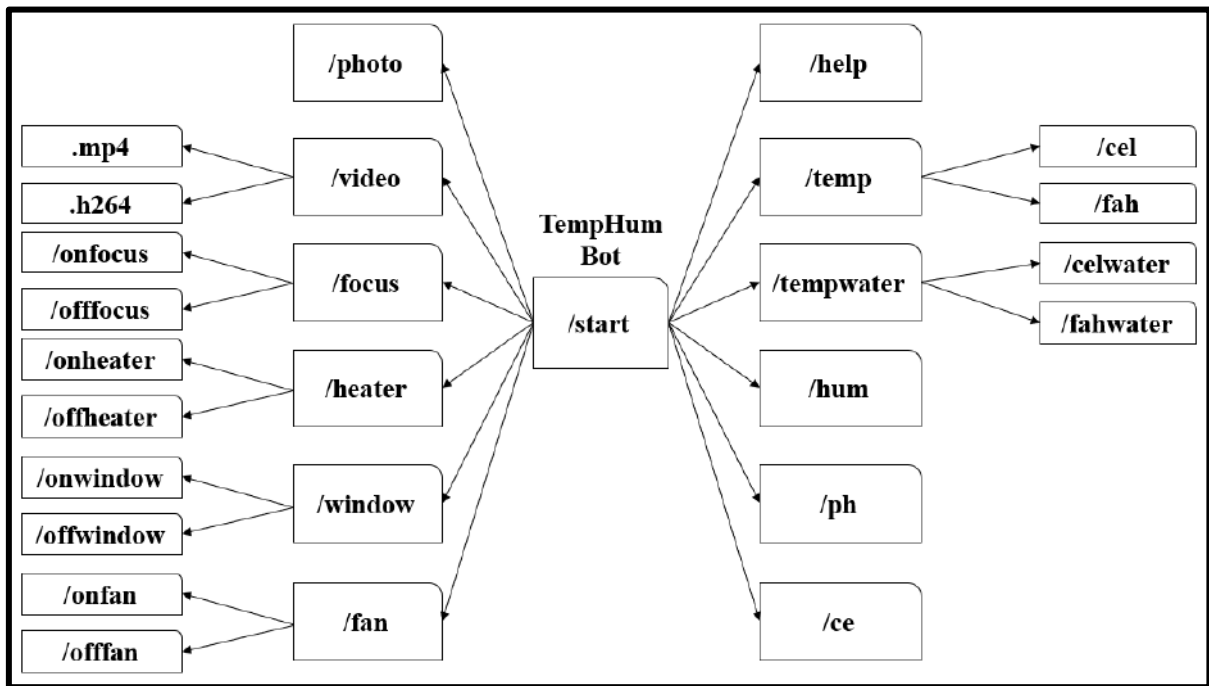


Figura 29 — Diseño lógico del bot de Telegram

#### 5.4.10 Circuito electrónico del sistema automatizado

Los componentes necesarios se detallan a continuación:

- Raspberry Pi board, L298N motor driver board, GPIO Ribbon cable, Breadboard, Jumper wires, Tentacle T3 for Raspberry Pi, Foco, Calefactor, Ventilador, Cámara, Invernadero, Ventana, Convertidor de 220VAC a 12V, Atlas Scientific EZO Sensors Circuits (PH, Electric Conductivity, Temperature), DHT22, Relé, LED, Resistencia 220Ω, Stepper Motor y LAN connector.

La conexión del circuito electrónico se divide en actuadores, sensores y módulos:

- **Actuadores**

El actuador foco, se conecta a la corriente de 220V y al Relay; que tiene 3 entradas y 3 salidas. Las entradas que necesita son GND, VCC y el control del Relay, este último pin se conecta al pin GPIO 27. Las salidas que necesita son COM (Common pin), NO (Normally Open). De esta manera podremos encender o apagar el actuador.

El actuador calefactor, se conecta a la corriente de 220V y al Relay; que tiene 3 entradas y 3 salidas. Las entradas que necesita son GND, VCC y el control del Relay, este último pin se conecta al pin GPIO 17. Las salidas que necesita son COM (Common pin), NO (Normally Open). De esta manera podremos encender o apagar el actuador.

El actuador ventilador, se conecta a la corriente de 220V y al Relay; que tiene 3 entradas y 3 salidas. Las entradas que necesita son GND, VCC y el control del Relay, este último pin se conecta al pin GPIO 23. Las salidas que necesita son COM (Common pin), NO (Normally Open). De esta manera podremos encender o apagar el actuador.

El actuador ventana, se conecta a 1 módulo L298N motor driver board, el cual nos permitirá controlar 2 motores que trabajan con 12V. El motor 1 se conecta a los pines GPIO 26, GPIO 6, GPIO 5 y el motor 2 a los pines GPIO 16, GPIO 24, GPIO 25. Estos motores realizarán el sentido horario o antihorario para realizar el abrir o cerrar. Adicionalmente tenemos un led y una resistencia que se conecta al pin GPIO 22, el cual nos indicará si la ventana está abierta o cerrada.



- **Sensores**

El sensor DHT22-1 y DHT22-2 se conecta al pin GPIO 4 y GPIO 3. Este sensor tiene un pin Ground, Vcc y Data; por donde emite señales de datos en serie de la temperatura y humedad relativa.

Los sensores CE, PH y Temp Water de Atlas Scientific EZO Circuits, se conectan al módulo Tentacle T3 for Raspberry Pi, de forma apilable. Posteriormente se recupera los valores a través de las direcciones que le asigna la librería AtlasI2C. Las direcciones por defecto son 99 (PH), 100 (CE) y TempWater (102).

- **Módulos**

El módulo de cámara se conecta al puerto de cámara en la Raspberry Pi, que se encuentra entre los puertos HDMI y de audio. Posteriormente validamos que la interfaz de la cámara esté habilitada, a través, de raspiconfig.

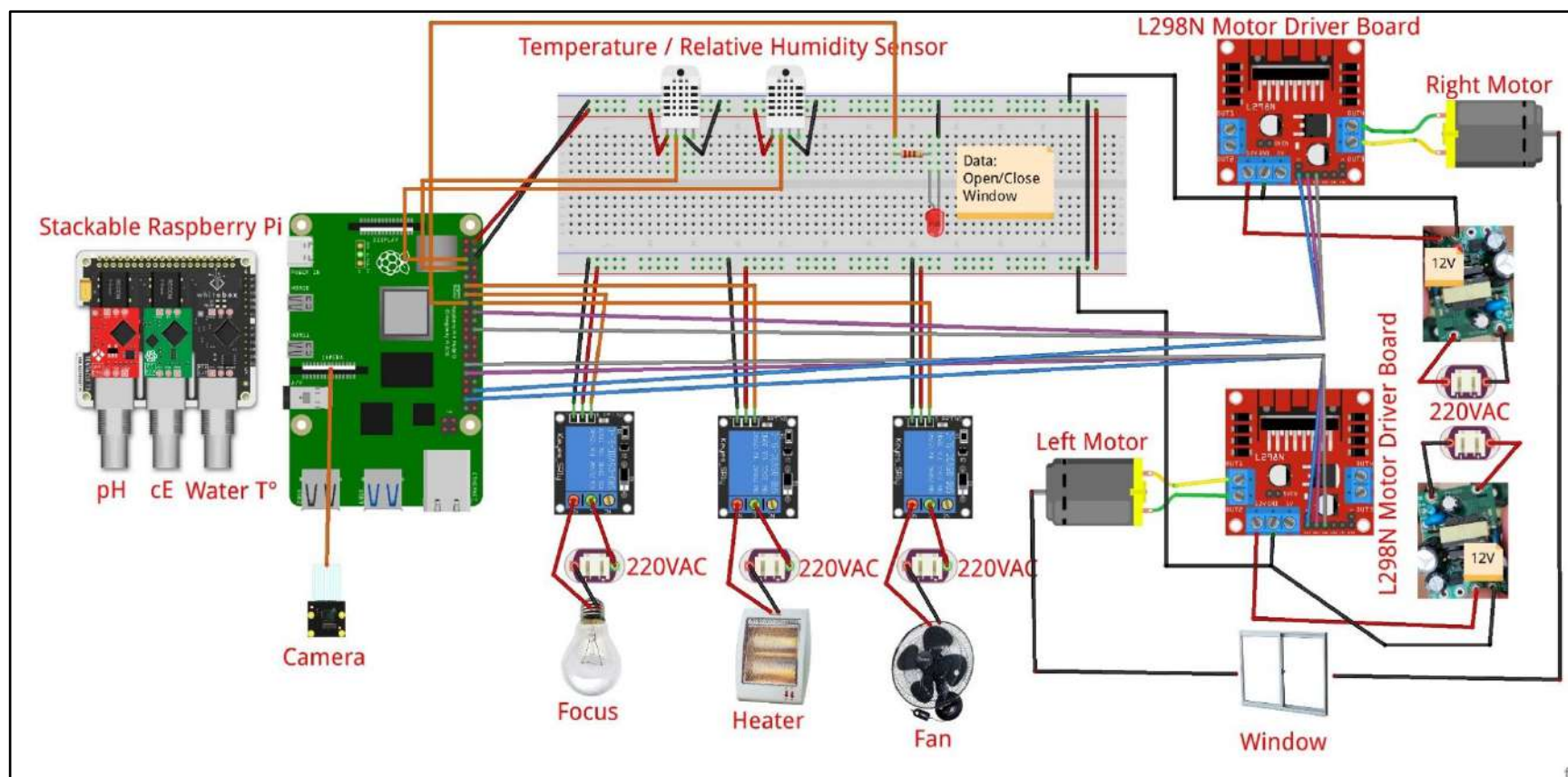


Figura 30 — Circuito electrónico del sistema automatizado

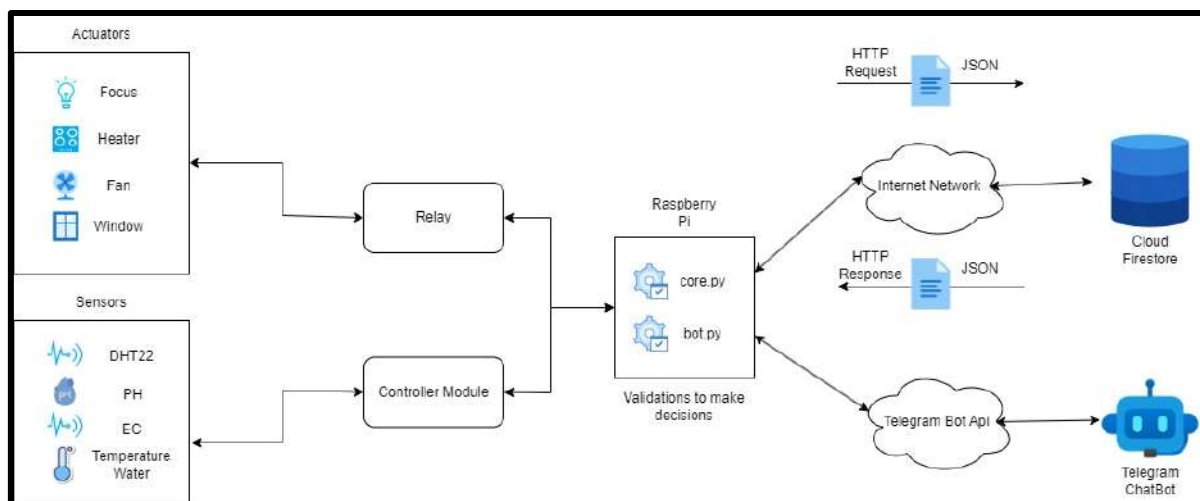
#### 5.4.11 Arquitectura lógica del sistema automatizado

La autenticación del bot está basada en un token que Telegram te genera al configurar el bot y es utilizado al momento de construir la aplicación. Por otra parte, se configura los comandos que permitirá el bot a través de CommandHandler, el cual nos ayudará a ejecutar ciertas tareas que el usuario solicita a través de la interfaz de Telegram. Las solicitudes se centralizan en una capa de negocio que gestiona las peticiones y envió de respuestas. Para realizar el envío de respuesta a la capa de presentación realiza ciertos callback\_data, los cuales interactúan con el Relay y/o Controller Module para recuperar datos de sensores o realizar cierta acción sobre los actuadores.

La autenticación del core está basado en un service\_account que se generar en el IAM de Google con los roles específicos para tener acceso a ciertas acciones sobre Cloud Firestore, que es una base de datos flexible y escalable para el desarrollo en servidores. Por otra parte, se tiene la capa de negocios donde se establece las lecturas a través de Controller Module hacia los sensores y poder recolectar información y realizar el guardado de dicha información en Cloud Firestore, para posteriormente realizar ciertas validaciones y tomar decisiones a través del Relay, por consiguiente, poder tomar alguna acción sobre los actuadores.

En resumen, tanto el bot y core que corren sobre raspberry pi, tienen una capa de negocio y una capa de datos. La capa de negocio gestiona el loop para realizar lecturas de los sensores y tomar decisiones para interactuar con los actuadores a través del Relay. Mientras que la capa de datos nos ayuda a almacenar los datos, para que en adelante puedan ser utilizados.





**Figura 31 — Arquitectura lógica del sistema automatizado**

## 5.5 Aplicación web y móvil

### 5.5.1 Propósito

El propósito de la investigación fue el desarrollo de los módulos respectivos de la aplicación web y móvil para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023.

### 5.5.2 Características

Los módulos de la aplicación web son los siguientes:

- Mantenimiento usuario: Se registran a los usuarios, así como su visualización, actualización o eliminación.
- Mantenimiento cultivo: Se registran a los cultivos, así como su visualización, actualización o eliminación.
- Mantenimiento módulo: Se registran a los módulos, así como su visualización, actualización o eliminación.
- Mantenimiento actuador: Se registran a los actuadores, así como su visualización, actualización o eliminación.
- Mantenimiento sensor: Se registran a los sensores, así como su visualización, actualización o eliminación.
- Mantenimiento invernadero: Se registran los invernaderos, así como su visualización, actualización o eliminación.

- g) Monitores: Se visualizan todos los monitores que ocurren dentro del invernadero agrupados por periodos.
- h) Notificaciones: Se visualizan todas las notificaciones que ocurren dentro del invernadero agrupados por periodos.
- i) Mapa: Se visualizan todos los invernaderos del agricultor

Para visualizar los módulos respectivos y la interfaz de la aplicación web o móvil, revise el Anexo 07.

### 5.5.3 Definición y acrónimos

- a) CS: Con Sistema
- b) SS: Sin Sistema
- c) API: Interfaz de programación de aplicaciones, es un conjunto de reglas o protocolos que permiten que las aplicaciones de software se comuniquen entre sí para intercambiar datos, características y funcionalidades.
- d) Flutter: Es un marco de código abierto desarrollado y compatible con Google.
- e) SDK: Es un kit de desarrollo de software (SDK) es un conjunto de herramientas de creación específicas de plataformas para desarrolladores.
- f) GUI: Es la interfaz gráfica de usuario, permite al usuario interactúa visualmente con objetos gráficos de la Aplicación Web.
- g) Usuario administrador: Personal que administra la aplicación web con todos los permisos.
- h) Usuario agricultor: Personal que tiene acceso a la aplicación web con limitados permisos.
- i) Web App: Una aplicación que se accede y utiliza a través de un navegador web. Funciona en cualquier dispositivo que tenga un navegador compatible, sin necesidad de instalación.
- j) Mobile App: Una aplicación diseñada específicamente para ser utilizada en dispositivos móviles como smartphones o tabletas.
- k) Frontend: La parte de la aplicación con la que interactúan los usuarios.
- l) Backend: La parte de la aplicación que maneja la lógica de negocio, bases de datos, autenticación, y otras funcionalidades críticas que no son visibles para el usuario final.
- m) JSON: Un formato de datos ligero y fácil de leer/escribir que se utiliza para intercambiar datos entre un servidor y una aplicación web.



- n) IDE: Un entorno de desarrollo integrado que proporciona herramientas como editores de código, depuradores y compiladores en una sola aplicación, facilitando el desarrollo de software.
- o) HTTP: El protocolo subyacente que se utiliza para transmitir datos en la web.
- p) NoSQL: Un tipo de base de datos que almacena datos de forma no relacional, ideal para manejar grandes volúmenes de datos no estructurados.
- q) UI: La interfaz de usuario es el medio a través del cual el usuario interactúa con la aplicación, incluyendo botones, formularios, menús, y otros elementos visuales.
- r) UX: La experiencia del usuario se refiere a cómo los usuarios perciben e interactúan con la aplicación. Se enfoca en la usabilidad, accesibilidad, y satisfacción del usuario.

#### 5.5.4 Herramientas utilizadas

Las herramientas que se utilizaron para el desarrollo son:

- a) Lenguajes de programación (Dart, JavaScript, NodeJs).
- b) Frameworks (Flutter).
- c) API (REST - TempHum).
- d) Gestor de base de datos NoSQL Cloud Firestore.
- e) Sistema de control de versiones Git.
- f) Cliente de control de versiones GitHub Desktop.
- g) Editor de desarrollo Visual Studio Code.
- h) Editor de base de datos Refi App.

#### 5.5.5 Personas y roles

**Tabla 50 — Personas y roles**

Integrante	Rol
Edgar Wilber Alcarraz Quispe	Product Owner
Irwin Estrada Torres	Scrum Master
Irwin Estrada Torres	Development Team



### 5.5.6 Pila del producto (Product Backlog)

#### Historia de Usuario

A continuación, se muestra una tabla de resumen de las historias de usuario:

**Tabla 51 — Lista de historias de usuario**

Número	Descripción	Prioridad
HU-01	Acceder a la aplicación web	Alta
HU-02	Crear cuenta	Alta
HU-03	Mantenimiento de usuario	Alta
HU-04	Cambiar idioma de la aplicación	Media
HU-05	Módulo de cultivo	Alta
HU-06	Módulo de actuador	Alta
HU-07	Módulo de sensor	Alta
HU-08	Mantenimiento de módulo	Alta
HU-09	Módulo de invernadero	Alta
HU-10	Mapa de invernaderos	Media
HU-11	Módulo de monitoreo	Alta
HU-12	Módulo de notificación	Alta

#### Requisitos de Software

A continuación, se muestra una tabla de resumen de los requisitos de software:

**Tabla 52 — Lista de requisitos de software**

Número	Descripción	Prioridad
RS-01	Acceder a la aplicación web	Alta
RS-02	Crear cuenta	Alta
RS-03	Registrar usuario	Alta
RS-04	Editar datos del usuario	Media
RS-05	Eliminar usuario	Media
RS-06	Perfil del usuario	Media
RS-07	Cambiar idioma de la aplicación	Media
RS-08	Registrar cultivo	Alta
RS-09	Editar datos del cultivo	Media
RS-10	Eliminar cultivo	Media
RS-11	Registrar actuador	Alta
RS-12	Editar datos del actuador	Media
RS-13	Eliminar actuador	Media
RS-14	Registrar sensor	Alta
RS-15	Editar datos del sensor	Media

RS-16	Eliminar sensor	Media
RS-17	Registrar módulo	Alta
RS-18	Editar datos del módulo	Media
RS-19	Eliminar módulo	Media
RS-20	Registrar invernadero	Alta
RS-21	Editar datos del invernadero	Media
RS-22	Eliminar invernadero	Media
RS-23	Mapa de invernaderos	Media
RS-24	Listado de notificaciones	Alta
RS-25	Listado de monitoreos	Alta
RS-26	Detalle del monitoreo	Alta
RS-27	Detalle de la notificación	Alta
RS-28	Estados de la notificación	Media

### Relación de Historias de Usuario y Requisitos de Software

A continuación, se muestra una tabla de resumen de la relación entre las historias de usuario y los requisitos de software:

**Tabla 53 — Relación de historias de usuario y requisitos de software**

Historias de Usuario	Requisitos de Software	Prioridad
HU-01	RS-01	Alta
HU-02	RS-02	Alta
HU-03	RS-03	Alta
	RS-04	Media
	RS-05	Media
HU-04	RS-06	Media
	RS-07	Media
	RS-08	Alta
HU-05	RS-09	Media
	RS-10	Media
	RS-11	Alta
HU-06	RS-12	Media
	RS-13	Media
	RS-14	Alta
HU-07	RS-15	Media
	RS-16	Media
	RS-17	Alta
HU-08	RS-18	Media
	RS-19	Media
	RS-20	Alta



	RS-21	Media
	RS-22	Media
HU-10	RS-23	Media
HU-11	RS-25	Alta
	RS-26	Alta
HU-12	RS-24	Alta
	RS-27	Alta
	RS-28	Media

### Detalle de los Requisitos de Software

A continuación, se muestra las tablas donde se detalla cada requisito de software:

**Tabla 54 — Requisito de acceder a la aplicación web**

<b>RS-01: Acceder a la aplicación web</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 3	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Una vez que el usuario es registrado, el acceso a la plataforma, se realiza ingresando el usuario y la contraseña. Finalmente, se ingresa mediante el botón “Ingresar”.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 55 — Requisito de crear cuenta**

<b>RS-02: Crear cuenta</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> Cuando el usuario no está registrado en la plataforma tiene la opción de ¿No tienes una cuenta?, el cual le lleva a una vista de crear una cuenta donde ingresa los datos solicitados como Nombre, Apellidos, etc. Por último, se guardan los cambios mediante el botón “Registrarse”.	



<b>Observación</b> Ninguna.
--------------------------------

**Tabla 56 — Requisito de registrar usuario**

<b>RS-03: Registrar usuario</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Bajo
<b>Puntos estimados:</b> 3	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En el módulo “Mantenimiento usuarios”, en el botón “+”, se registran los datos del nuevo usuario, en este caso su Nombre, Apellidos, Correo Electrónico, Nombre de Usuario, Contraseña y los Roles. Finalmente, se registran los datos ingresados.	
<b>Observación</b> El Nombre de Usuario será utilizado para acceder a la aplicación web. Se cargan roles de ADMIN o AGRICULTOR.	

**Tabla 57 — Requisito de editar datos del usuario**

<b>RS-04: Editar datos del usuario</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En el módulo “Mantenimiento usuarios”, se muestra a los usuarios registrados, para realizar la edición se selecciona al usuario, se modifican los datos necesarios y se procede a guardar los cambios.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 58 — Requisito de eliminar usuario**

<b>RS-05: Eliminar usuario</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3



<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres
<b>Descripción</b> En el módulo “Mantenimiento usuarios”, se muestra a los usuarios registrados, para realizar la eliminación se desliza hacia la derecha con el mouse o toque, el cual pedirá una confirmación de eliminar, si estamos de acuerdo, presionamos el botón Confirmar, caso contrario no hacemos nada.
<b>Observación</b> Ninguna.

**Tabla 59 — Requisito de perfil del usuario**

<b>RS-06: Perfil del usuario</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 4
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En el avatar del usuario, existe una opción de “Perfil”, el cual muestra datos del usuario como el Nombre, Apellidos, Avatar, etc. Además, el tema Oscuro o Personalizado que se puede configurar, después de actualizar los datos necesario, se procede a guardar los cambios.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 60 — Requisito de cambiar idioma de la aplicación**

<b>RS-07: Cambiar idioma de la aplicación</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 4
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En vista de inicio sesión, se tiene la opción de ¿Cambiar Idioma?, al seleccionar tenemos un menú con el idioma inglés o español, dependiendo de la opción seleccionada la aplicación web se cambia de idioma.	
<b>Observación</b> Ninguna.	



Tabla 61 — Requisito de registrar cultivo

RS-08: Registrar cultivo	
Prioridad en el negocio: Alta	Riesgos de desarrollo: Bajo
Puntos estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador: Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento cultivos”, en el botón “+”, se registran los datos del nuevo cultivo, en este caso su Nombre, Parámetros de Temperatura, Parámetros de Humedad Relativa, Parámetros de Potencial Hidrogeno, Parámetros de Conductividad Eléctrica, etc. Finalmente, se registran los datos ingresados.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Es necesario tener un invernadero creado.</p>	

Tabla 62 — Requisito de editar datos del cultivo

RS-09: Editar datos del cultivo	
Prioridad en el negocio: Media	Riesgos de desarrollo: Medio
Puntos estimados: 2	Iteración asignada: 2
Programador: Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento cultivos”, se muestra a los cultivos registrados, para realizar la edición se selecciona al cultivo, se modifican los datos necesarios y se procede a guardar los cambios.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Ninguna.</p>	

Tabla 63 — Requisito de eliminar cultivo

RS-10: Eliminar cultivo	
Prioridad en el negocio: Media	Riesgos de desarrollo: Medio
Puntos estimados: 2	Iteración asignada: 3
Programador: Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento cultivos”, se muestra a los cultivos registrados, para realizar la eliminación se desliza hacia la derecha con el</p>	

mouse o toque, el cual pedirá una confirmación de eliminar, si estamos de acuerdo, presionamos el botón Confirmar, caso contrario no hacemos nada.
<b>Observación</b> Ninguna.

**Tabla 64 — Requisito de registrar actuador**

<b>RS-11: Registrar actuador</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Bajo
<b>Puntos estimados:</b> 3	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En el módulo “Mantenimiento actuadores”, en el botón “+”, se registran los datos del nuevo actuador, en este caso su Nombre. Finalmente, se registran los datos ingresados.	
<b>Observación</b> Es necesario tener un invernadero creado.	

**Tabla 65 — Requisito de editar datos del actuador**

<b>RS-12: Editar datos del actuador</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En el módulo “Mantenimiento actuadores”, se muestra a los actuadores registrados, para realizar la edición se selecciona el actuador, se modifican los datos necesarios y se procede a guardar los cambios.	
<b>Observación</b> Ninguna	

**Tabla 66 — Requisito de eliminar actuador**

<b>RS-13: Eliminar actuador</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3

<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento actuadores”, se muestra a los actuadores registrados, para realizar la eliminación se desliza hacia la derecha con el mouse o toque, el cual pedirá una confirmación de eliminar, si estamos de acuerdo, presionamos el botón Confirmar, caso contrario no hacemos nada.</p>
<p><b>Observación</b></p> <p>Ninguna.</p>

**Tabla 67 — Requisito de registrar sensor**

<b>RS-14: Registrar sensor</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Bajo
<b>Puntos estimados:</b> 3	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento sensores”, en el botón “+”, se registran los datos del nuevo sensor, en este caso su Nombre. Finalmente, se registran los datos ingresados.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Es necesario tener un invernadero creado.</p>	

**Tabla 68 — Requisito de editar datos del sensor**

<b>RS-15: Editar datos del sensor</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento sensores”, se muestra a los sensores registrados, para realizar la edición se selecciona al sensor, se modifican los datos necesarios y se procede a guardar los cambios.</p>	



<p><b>Observación</b></p> <p>Ninguna.</p>
---

**Tabla 69 — Requisito de eliminar sensor**

<b>RS-16: Eliminar sensor</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento sensores”, se muestra a los sensores registrados, para realizar la eliminación se desliza hacia la derecha con el mouse o toque, el cual pedirá una confirmación de eliminar, si estamos de acuerdo, presionamos el botón Confirmar, caso contrario no hacemos nada.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Ninguna.</p>	

**Tabla 70 — Requisito de registrar módulo**

<b>RS-17: Registrar módulo</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Bajo
<b>Puntos estimados:</b> 3	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento módulos”, en el botón “+”, se registran los datos del nuevo módulo, en este caso su Nombre. Finalmente, se registran los datos ingresados.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Es necesario tener un invernadero creado.</p>	



Tabla 71 — Requisito de editar datos del módulo

RS-18: Editar datos del módulo	
Prioridad en el negocio: Media	Riesgos de desarrollo: Medio
Puntos estimados: 2	Iteración asignada: 2
Programador: Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento módulos”, se muestra a los módulos registrados, para realizar la edición se selecciona al módulo, se modifican los datos necesarios y se procede a guardar los cambios.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Ninguna.</p>	

Tabla 72 — Requisito de eliminar módulo

RS-19: Eliminar módulo	
Prioridad en el negocio: Media	Riesgos de desarrollo: Medio
Puntos estimados: 2	Iteración asignada: 3
Programador: Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento módulos”, se muestra a los módulos registrados, para realizar la eliminación se desliza hacia la derecha con el mouse o toque, el cual pedirá una confirmación de eliminar, si estamos de acuerdo, presionamos el botón Confirmar, caso contrario no hacemos nada.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Ninguna.</p>	

Tabla 73 — Requisito de registrar invernadero

RS-20: Registrar invernadero	
Prioridad en el negocio: Alta	Riesgos de desarrollo: Bajo
Puntos estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador: Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p>	

<p>En el módulo “Mantenimiento invernaderos”, en el botón “+”, se registran los datos del nuevo invernadero, en este caso su Nombre, Cultivo, Usuarios, Ubicación y Parámetros. Finalmente, se registran los datos ingresados.</p>
<p><b>Observación</b></p> <p>Es necesario tener un usuario y cultivo creado.</p>

**Tabla 74 — Requisito de editar datos del invernadero**

<b>RS-21: Editar datos del invernadero</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento invernaderos”, se muestra a los invernaderos registrados, para realizar la edición se selecciona al invernadero, se modifican los datos necesarios y se procede a guardar los cambios.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Ninguna.</p>	

**Tabla 75 — Requisito de eliminar invernadero**

<b>RS-22: Eliminar invernadero</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 3
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo “Mantenimiento invernaderos”, se muestra a los invernaderos registrados, para realizar la eliminación se desliza hacia la derecha con el mouse o toque, el cual pedirá una confirmación de eliminar, si estamos de acuerdo, presionamos el botón Confirmar, caso contrario no hacemos nada.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Ninguna.</p>	



**Tabla 76 — Requisito de mapa de invernaderos**

<b>RS-23: Mapa de invernaderos</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 4
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En el módulo de “Mapa”, se muestra marcadores en el mapa de todos los invernaderos disponibles donde al seleccionar algún marcador muestra detalles como Nombre de Invernadero y Cultivo.	
<b>Observación</b> Ninguna.	

**Tabla 77 — Requisito de listado de notificaciones**

<b>RS-24: Listado de notificaciones</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En el módulo de “Listado de notificaciones”, se visualiza notificaciones por periodos, al seleccionar un periodo en específico se lista todas las notificaciones de Temperatura Ambiente, Humedad Relativa, etc.	
<b>Observación</b> Es necesario tener un invernadero creado.	

**Tabla 78 — Requisito de listado de monitoreos**

<b>RS-25: Listado de monitoreos</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b>	

<p>En el módulo de “Listado de monitoreos”, se visualiza monitoreos por periodos, al seleccionar un periodo en específico se lista todos los monitoreos de Temperatura Ambiente, Humedad Relativa, etc.</p>
<p><b>Observación</b></p> <p>Es necesario tener un invernadero creado.</p>

**Tabla 79 — Requisito de detalle del monitoreo**

<b>RS-26: Detalle del monitoreo</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo de “Listado de monitoreos”, se visualiza monitoreos por periodos, al seleccionar un periodo en específico se lista todos los monitoreos, al seleccionar un monitoreo en específico se visualiza datos de Temperatura Ambiente, Humedad Relativa y Temperatura Agua.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Es necesario tener un invernadero creado.</p>	

**Tabla 80 — Requisito de detalle de la notificación**

<b>RS-27: Detalle de la notificación</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Alta	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Alta
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 2
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<p><b>Descripción</b></p> <p>En el módulo de “Listado de notificaciones”, se visualiza notificaciones por periodos, al seleccionar un periodo en específico se lista todas las notificaciones, al seleccionar una notificación en específico se visualiza datos de Temperatura Ambiente, Humedad Relativa, Temperatura Agua, dependiendo del tipo de notificación.</p>	
<p><b>Observación</b></p> <p>Es necesario tener un invernadero creado.</p>	



**Tabla 81 — Requisito de estados de la notificación**

<b>RS-28: Estados de la notificación</b>	
<b>Prioridad en el negocio:</b> Media	<b>Riesgos de desarrollo:</b> Medio
<b>Puntos estimados:</b> 2	<b>Iteración asignada:</b> 4
<b>Programador:</b> Irwin Estrada Torres	
<b>Descripción</b> En el módulo de “Listado de notificaciones”, se visualiza notificaciones por periodos, al seleccionar un periodo en específico se lista todas las notificaciones, al seleccionar una notificación en específico se cambia de estado a leído, caso contrario sigue en no leído por el usuario.	
<b>Observación</b> Es necesario tener un invernadero creado.	

### 5.5.7 Pila del sprint (Sprint Backlog)

A continuación, los sprint considerados para este proyecto:

**Tabla 82 — Primer Sprint**

<b>Sprint</b>	<b>Tiempo de Sprint</b>			<b>Avance</b>
1	2 semanas			<b>Total</b> <b>100%</b>
<b>N° de Tarea</b>	<b>Descripción de Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>	<b>Avance</b>
1	Acceder a la aplicación web	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
2	Crear cuenta	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
3	Registrar usuario	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
8	Registrar cultivo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
11	Registrar actuador	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%



14	Registrar sensor	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
17	Registrar módulo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
20	Registrar invernadero	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
24	Listado de notificaciones	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
25	Listado de monitoreos	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%

**Tabla 83 — Segundo Sprint**

<b>Sprint</b>	<b>Tiempo de Sprint</b>			<b>Avance</b>
2	2 semanas			<b>Total 100%</b>
<b>Nº de Tarea</b>	<b>Descripción de Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>	<b>Avance</b>
4	Editar datos del usuario	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
9	Editar datos del cultivo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
12	Editar datos del actuador	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
15	Editar datos del sensor	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
18	Editar datos del módulo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
21	Editar datos del invernadero	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
26	Detalle del monitoreo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%



27	Detalle de la notificación	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
----	----------------------------	-------------------------	------------	------

**Tabla 84 — Tercer Sprint**

<b>Sprint</b>	<b>Tiempo de Sprint</b>			<b>Avance</b>
3	2 semanas			<b>Total</b> <b>100%</b>
<b>N° de Tarea</b>	<b>Descripción de Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>	<b>Avance</b>
5	Eliminar usuario	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
10	Eliminar cultivo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
13	Eliminar actuador	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
16	Eliminar sensor	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
19	Eliminar módulo	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
22	Eliminar invernadero	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%

**Tabla 85 — Cuarto Sprint**

<b>Sprint</b>	<b>Tiempo de Sprint</b>			<b>Avance</b>
4	2 semanas			<b>Total</b> <b>100%</b>
<b>N° de Tarea</b>	<b>Descripción de Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>	<b>Avance</b>
6	Perfil del usuario	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%



7	Cambiar idioma de la aplicación	Irwin Estrada Torres	Desarrollo	100%
23	Mapa de invernaderos	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%
28	Estados de la notificación	Irwin Estrada Torres	Desarrollo y Test	100%

### 5.5.8 Diagramas de procesos

A continuación, se presenta una lista de los diagramas de procesos (Ver Anexo 09):

**Tabla 86 — Lista de diagramas de procesos**

Número	Descripción
01	Acceder a la aplicación web
02	Crear cuenta
03	Registrar usuario
04	Editar datos del usuario
05	Eliminar usuario
06	Perfil del usuario
07	Cambiar idioma de la aplicación
08	Registrar cultivo
09	Editar datos del cultivo
10	Eliminar cultivo
11	Registrar actuador
12	Editar datos del actuador
13	Eliminar actuador
14	Registrar sensor
15	Editar datos del sensor
16	Eliminar sensor
17	Registrar módulo
18	Editar datos del módulo
19	Eliminar módulo
20	Registrar invernadero
21	Editar datos del invernadero
22	Eliminar invernadero
23	Mapa de invernaderos
24	Listado de notificaciones
25	Listado de monitoreos
26	Detalle del monitoreo
27	Detalle de la notificación

### 5.5.9 Diseño lógico de la base de datos NoSQL

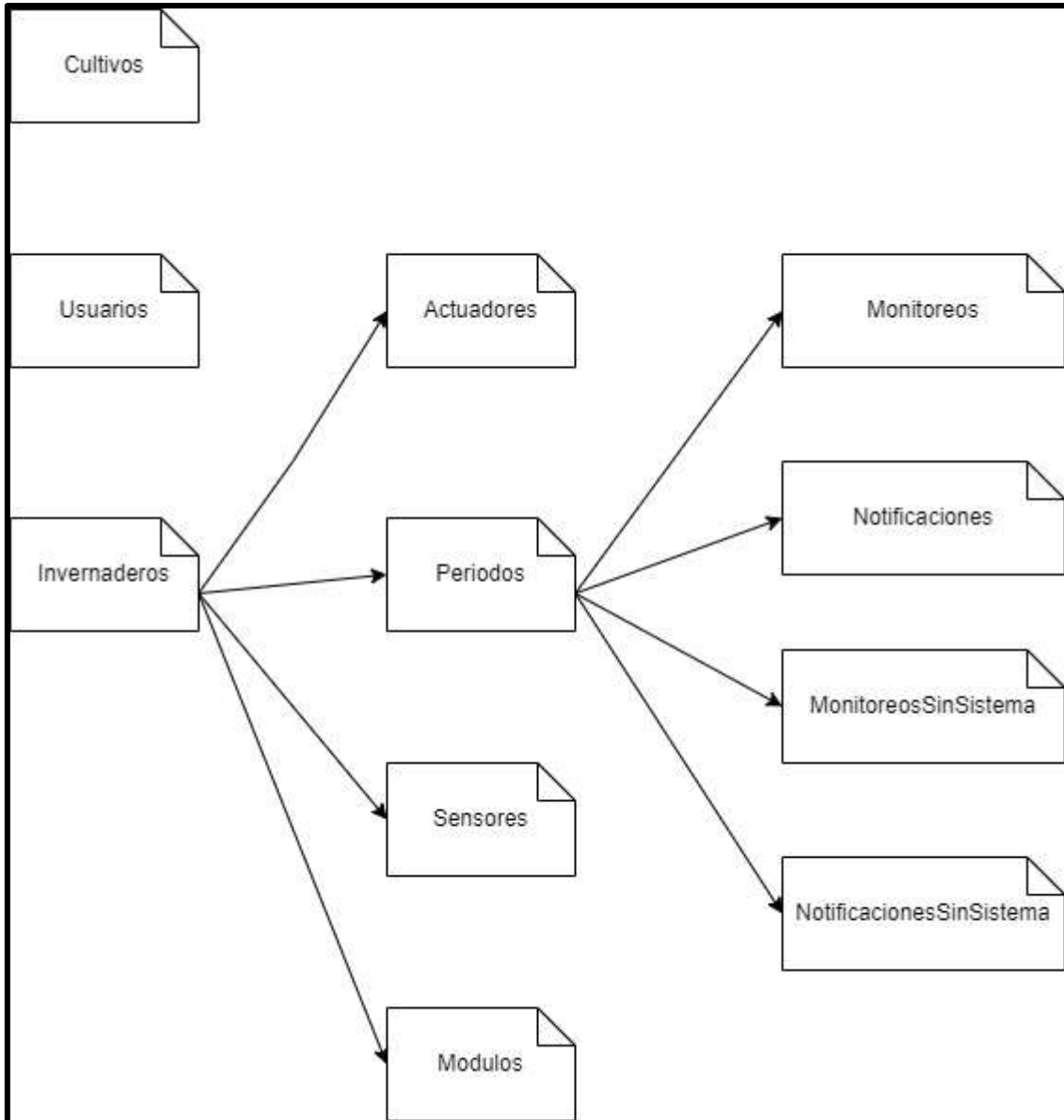


Figura 32 — Diseño lógico de la base de datos NoSQL

### 5.5.9.1 Documentos de configuraciones generales

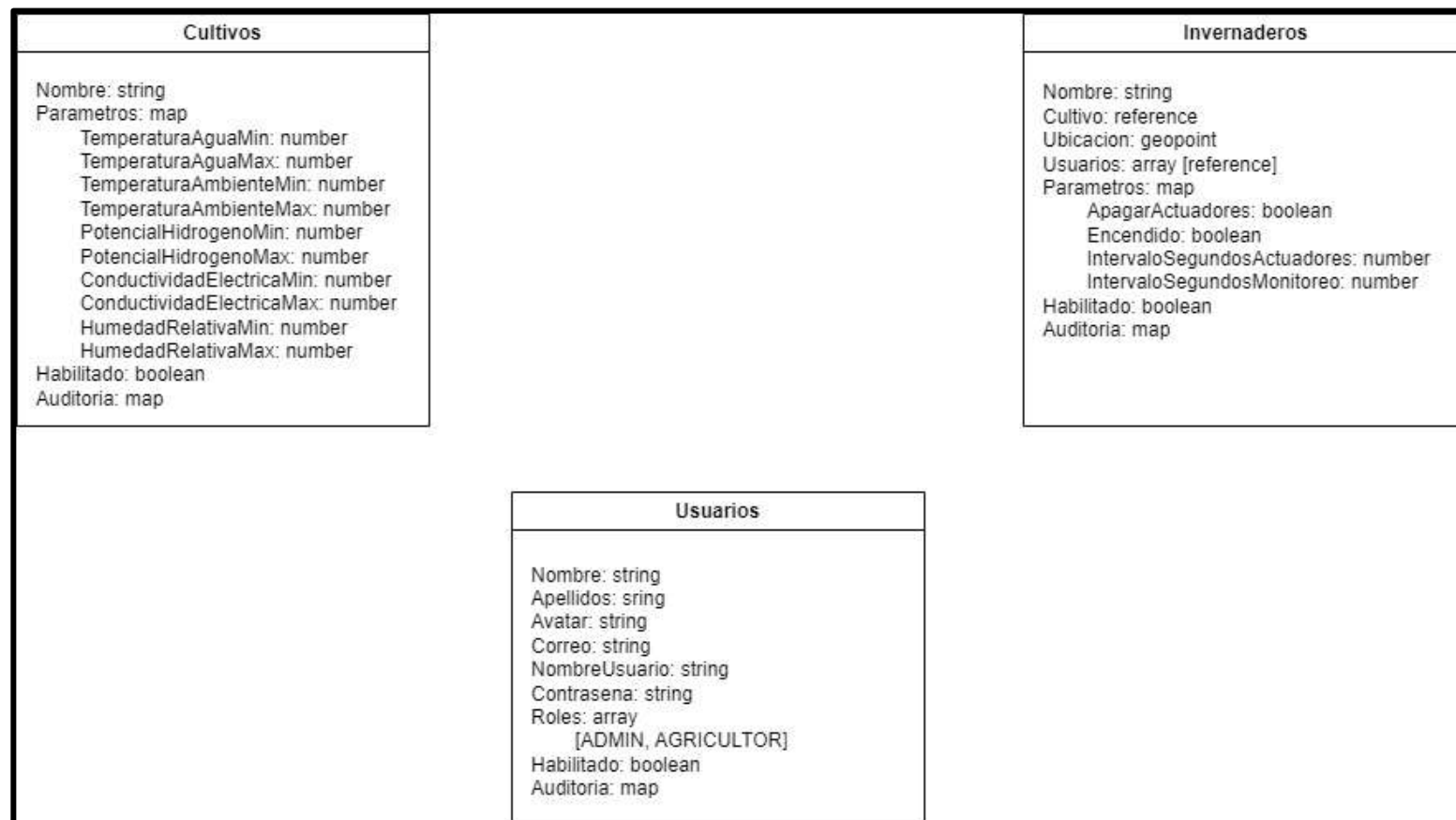


Figura 33 — Documentos de configuraciones generales

### 5.5.9.2 Documentos de maestros

Cultivos	Usuarios
Nombre: string Parametros: map TemperaturaAguaMin: number TemperaturaAguaMax: number TemperaturaAmbienteMin: number TemperaturaAmbienteMax: number PotencialHidrogenoMin: number PotencialHidrogenoMax: number ConductividadElectricaMin: number ConductividadElectricaMax: number HumedadRelativaMin: number HumedadRelativaMax: number Habilitado: boolean Auditoria: map	Nombre: string Apellidos: string Avatar: string Correo: string NombreUsuario: string Contraseña: string Roles: array [ADMIN, AGRICULTOR] Habilitado: boolean Auditoria: map

Figura 34 — Documentos de maestros

### 5.5.9.3 Documento de invernaderos

Invernaderos
Nombre: string Cultivo: reference Ubicacion: geopoint Usuarios: array [reference] Parametros: map ApagarActuadores: boolean Encendido: boolean IntervaloSegundosActuadores: number IntervaloSegundosMonitoreo: number Habilitado: boolean Auditoria: map

Figura 35 — Documento de invernaderos

### 5.5.9.4 Documentos de operaciones con usuarios

Usuarios		Invernaderos
Nombre: string Apellidos: string Avatar: string Correo: string NombreUsuario: string Contraseña: string Roles: array [ADMIN, AGRICULTOR] Habilitado: boolean Auditoria: map		Nombre: string Cultivo: reference Ubicacion: geopoint Usuarios: array [reference] Parametros: map ApagarActuadores: boolean Encendido: boolean IntervaloSegundosActuadores: number IntervaloSegundosMonitoreo: number Habilitado: boolean Auditoria: map

Figura 36 — Documentos de operaciones con usuarios

### 5.5.9.5 Documentos de operaciones de invernaderos

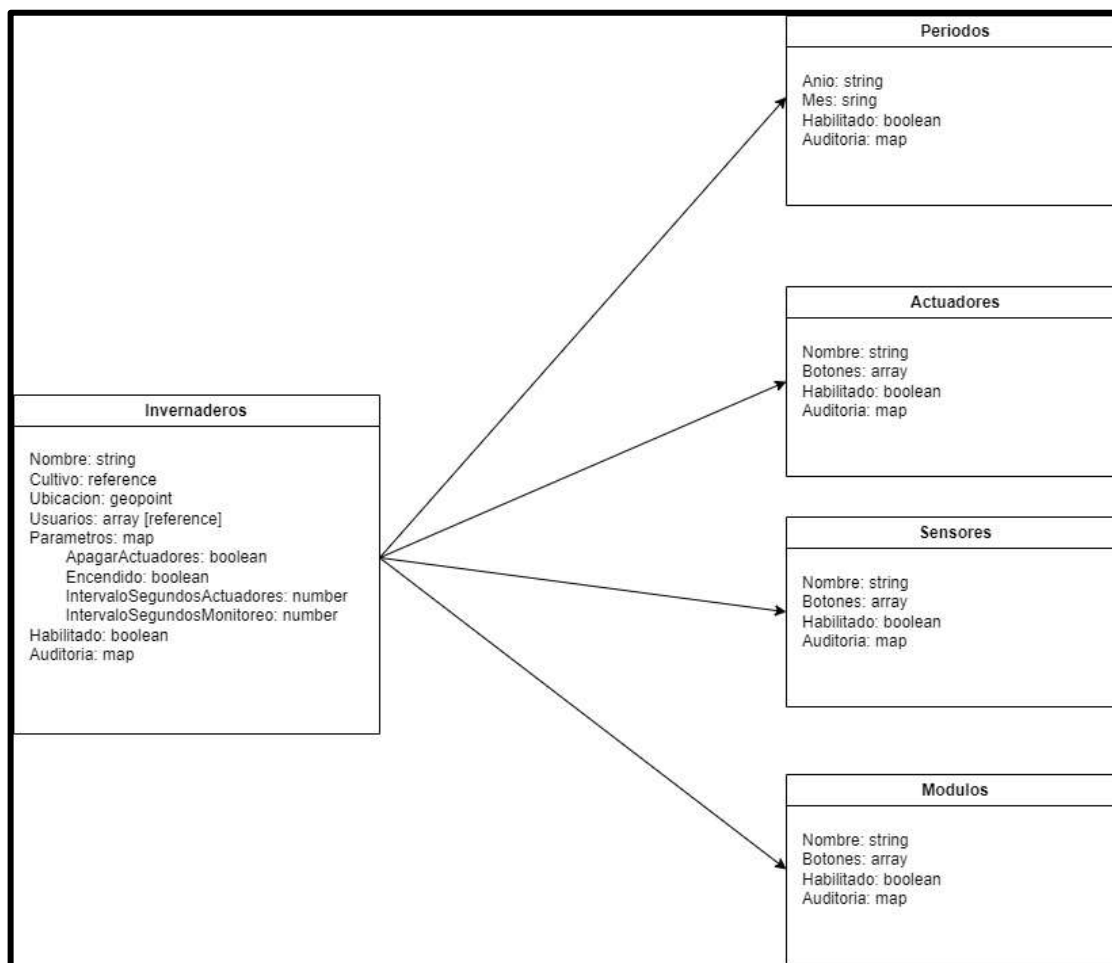


Figura 37 — Documentos de operaciones de invernaderos

### 5.5.9.6 Documentos de operaciones de notificaciones

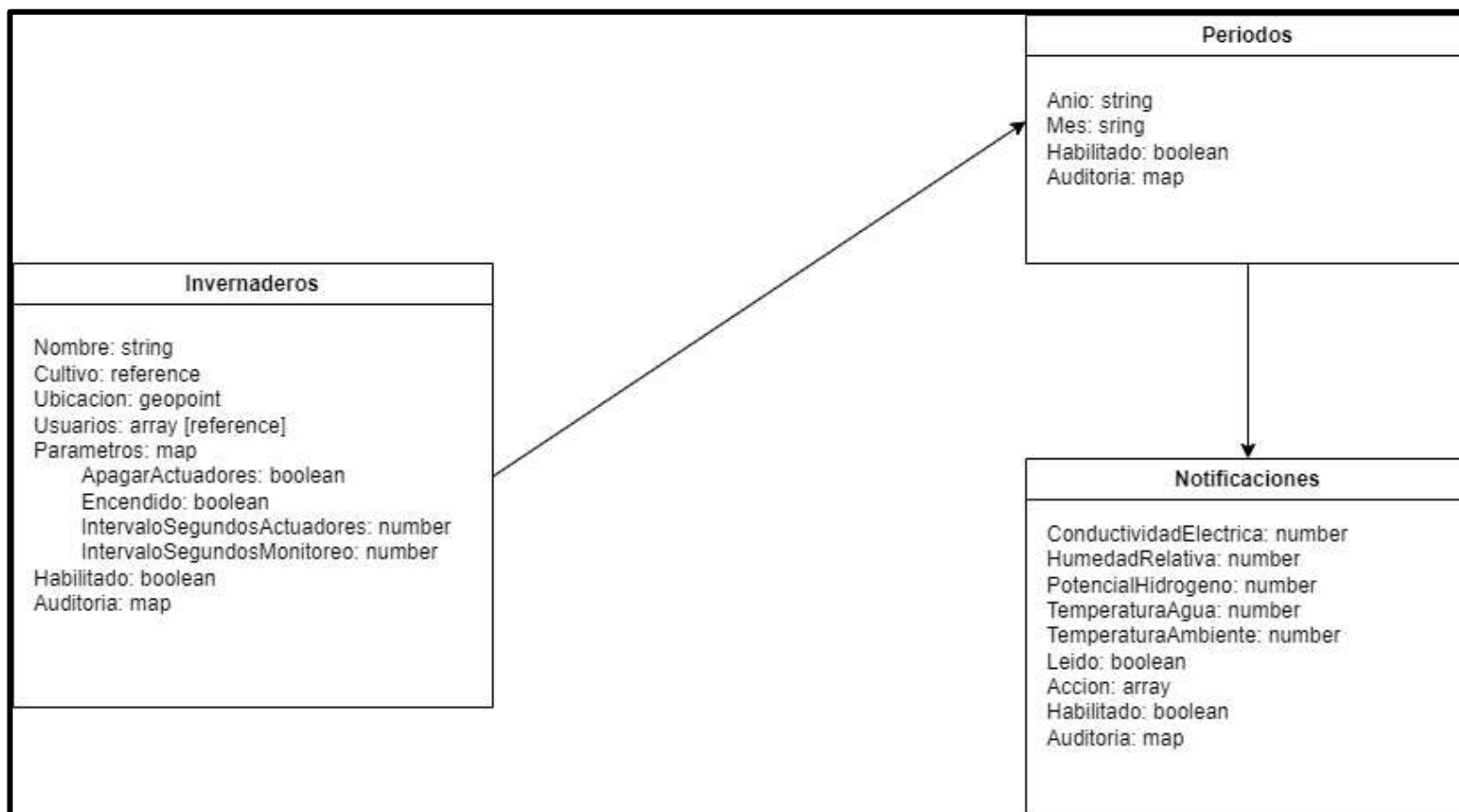


Figura 38 — Documentos de operaciones de notificaciones

### 5.5.9.7 Documentos de operaciones de monitoreos

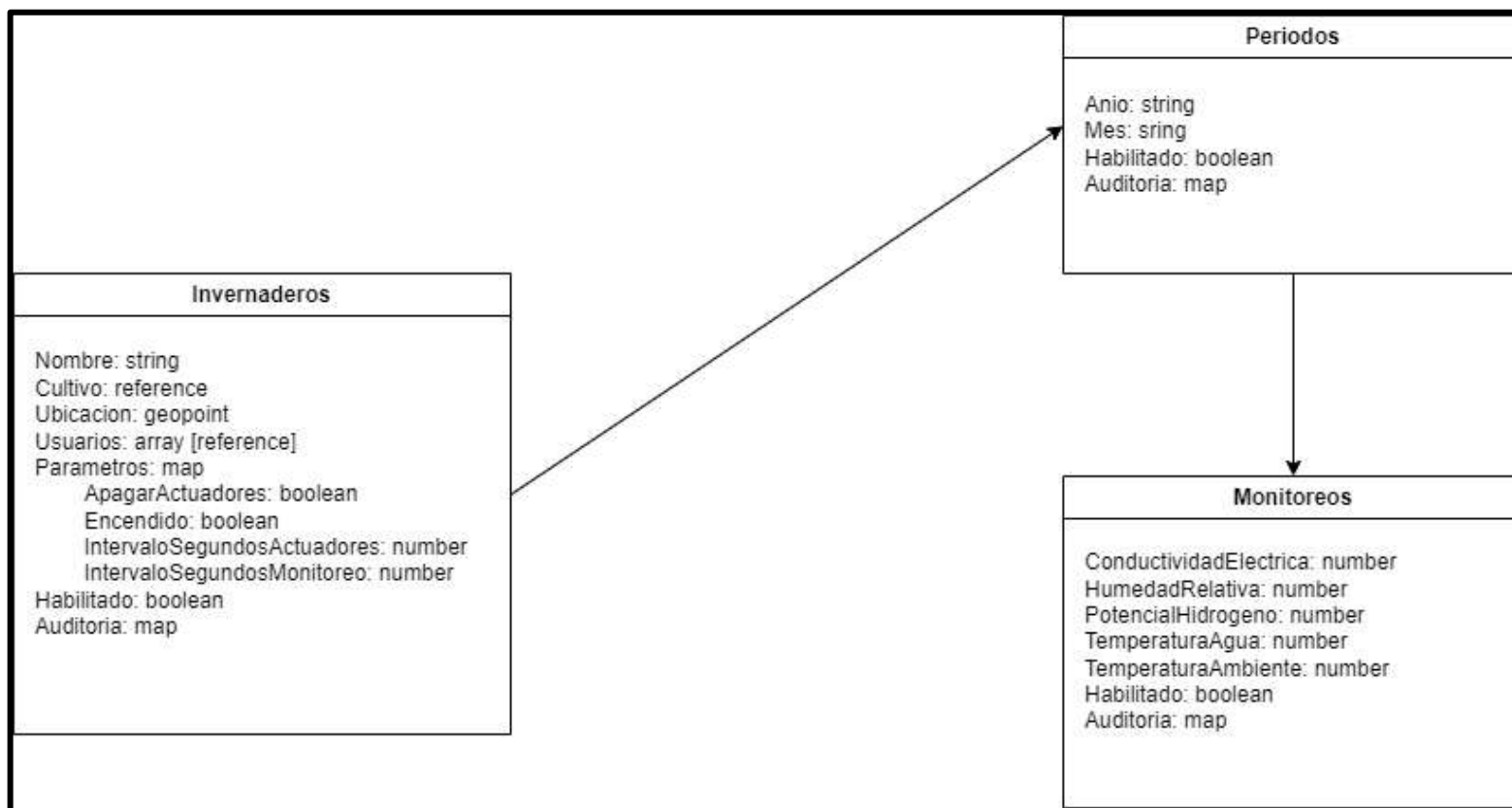


Figura 39 — Documentos de operaciones de monitoreos



### 5.5.9.8 Documentos de operaciones de notificaciones sin sistema

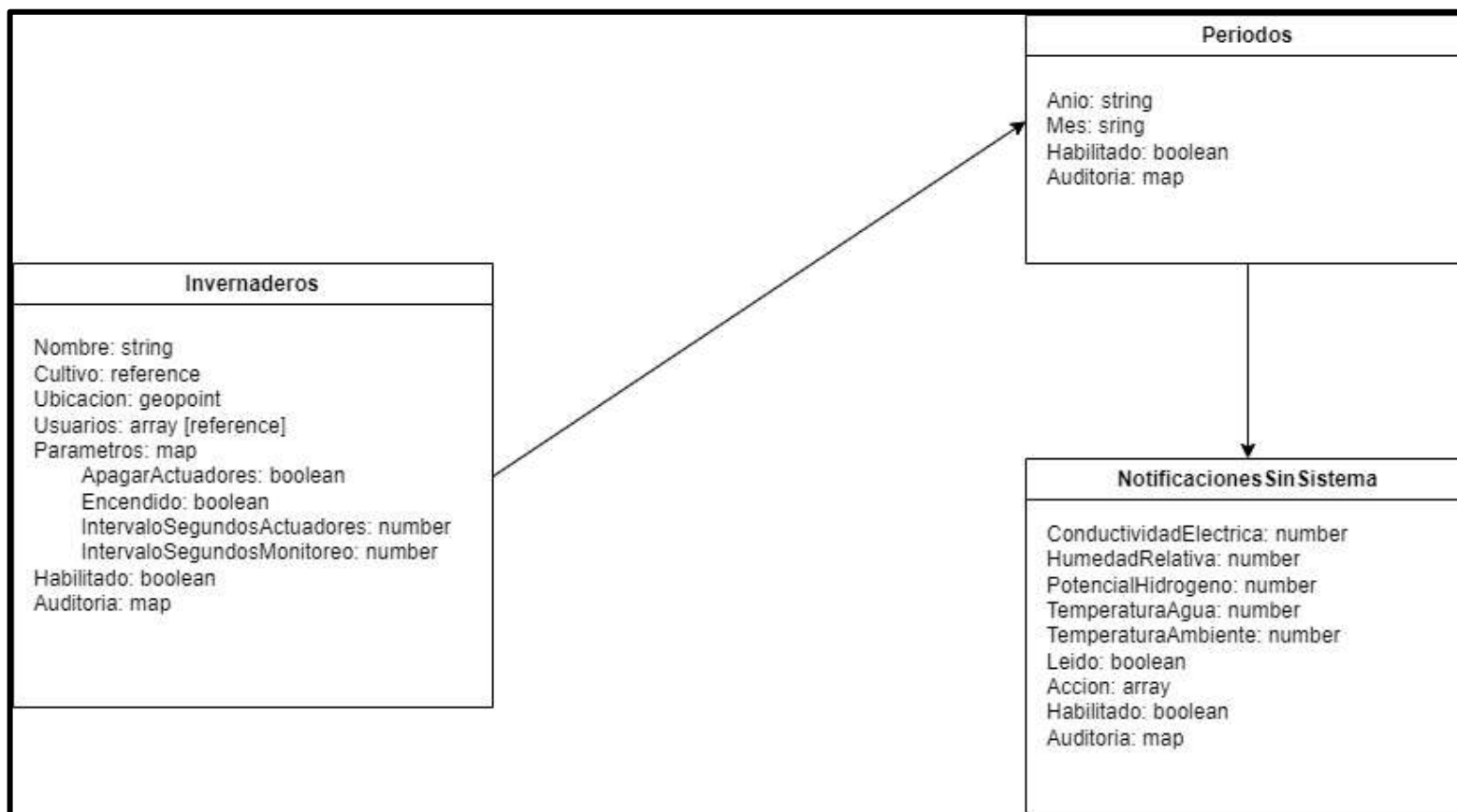


Figura 40 — Documentos de operaciones de notificaciones sin sistema

### 5.5.9.9 Documentos de operaciones de monitoreos sin sistema

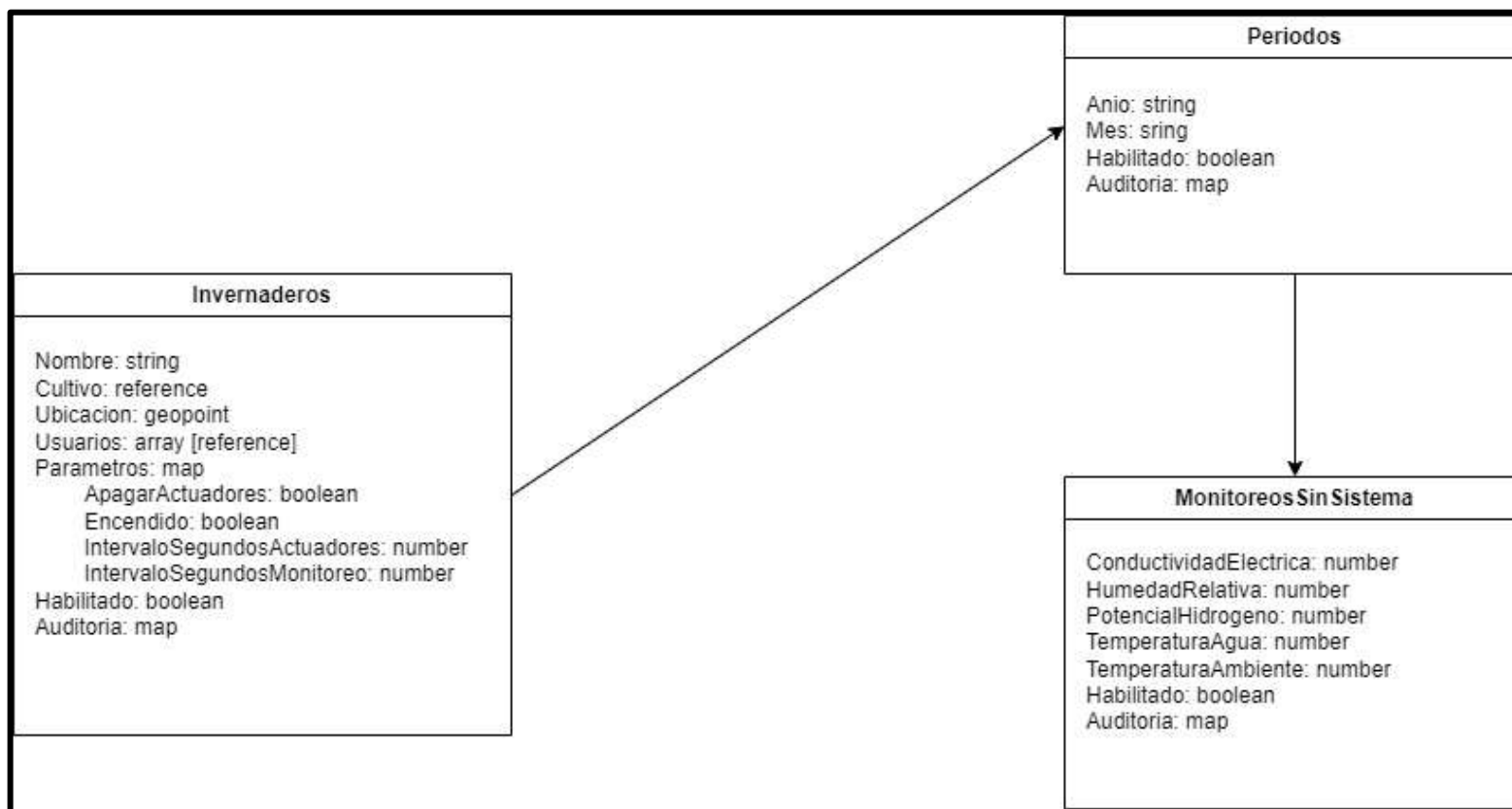


Figura 41 — Documentos de operaciones de monitoreos sin sistema

### 5.5.10 Arquitectura lógica de la aplicación web

La autenticación está basada en tokens, un JSON Web Token (JWT) es una pieza esencial que permite de manera segura y eficiente verificar la identidad de un usuario en aplicaciones web y servicios. Un JWT es un estándar abierto (RFC 7519) que utiliza el formato JSON para representar información estructurada y firmada digitalmente. El token consta de tres partes:

- a) **Encabezado (Header):** El encabezado de un JWT contiene información sobre cómo se debe procesar el token y qué tipo de algoritmo de firma se está utilizando.
- b) **Carga útil (Payload):** La carga útil contiene declaraciones e información adicional. La carga útil puede contener información sobre alguna entidad, objeto o usuario, todo dependiendo de la lógica de nuestra aplicación.
- c) **Firma (Signature):** La firma toma la codificación Base64Url del encabezado y la carga útil, y luego las firma utilizando un secreto (con HMAC) o una clave privada (con algoritmos de firma como RSA).  
Ejemplo (con HMAC SHA256).

Juntas, estas partes forman un JWT completo que puede ser transmitido de forma segura entre el emisor (por ejemplo, un servidor) y el receptor (por ejemplo, un cliente), permitiendo la autenticación y la transmisión de información confiable. La arquitectura que sigue es el patrón de diseño MVC (Modelo-Vista-Controlador) para separar la lógica de la aplicación de la representación visual y la interacción del usuario. En el patrón MVC, el modelo se encarga de representar los datos y la lógica empresarial de la aplicación.

- a) La vista se encarga de la representación visual y la interfaz de usuario, mientras que el controlador se encarga de manejar las interacciones del usuario y actuar como intermediario entre el modelo y la vista.
- b) El modelo se puede implementar utilizando clases, que representan los datos y las operaciones asociadas. La vista se construye utilizando widgets, que son elementos reutilizables y configurables que definen la interfaz de usuario.
- c) El controlador se implementa utilizando widgets que capturan las interacciones del usuario, como botones o campos de entrada, y responden en consecuencia.



Además del patrón MVC, también promueve el uso del patrón *Provider* para separar aún más la lógica empresarial de la vista. El patrón *Provider* utiliza *ChangeNotifier*, desde esta clase avisaremos a los *listeners* cuando el modelo cambie mediante el método *notifyListeners*. Otro elemento que utiliza es el *ChangeNotifierProvider* que tiene dos parámetros en su construcción, *create* en donde instanciaremos al modelo y *child* serán notificados cuando invoquemos al método *notifyListeners*.

En resumen, la arquitectura se basa en el patrón MVC y promueve el uso del patrón *Provider* para separar las responsabilidades de manera eficiente. Esta arquitectura modular y escalable facilita la organización del código y mejora la legibilidad y mantenibilidad de la aplicación.

Por otra parte, la comunicación entre la interfaz de usuario y Cloud Firestore es a través de una API Rest es una interfaz de comunicación entre sistemas de información que usa el protocolo de transferencia de hipertexto para obtener datos o ejecutar operaciones sobre dichos datos en diversos formatos, como pueden ser XML o JSON.

El almacenamiento de los datos es a través de Cloud Firestore que es una base de datos flexible y escalable para el desarrollo en servidores, dispositivos móviles y la Web desde Firebase y Google Cloud.

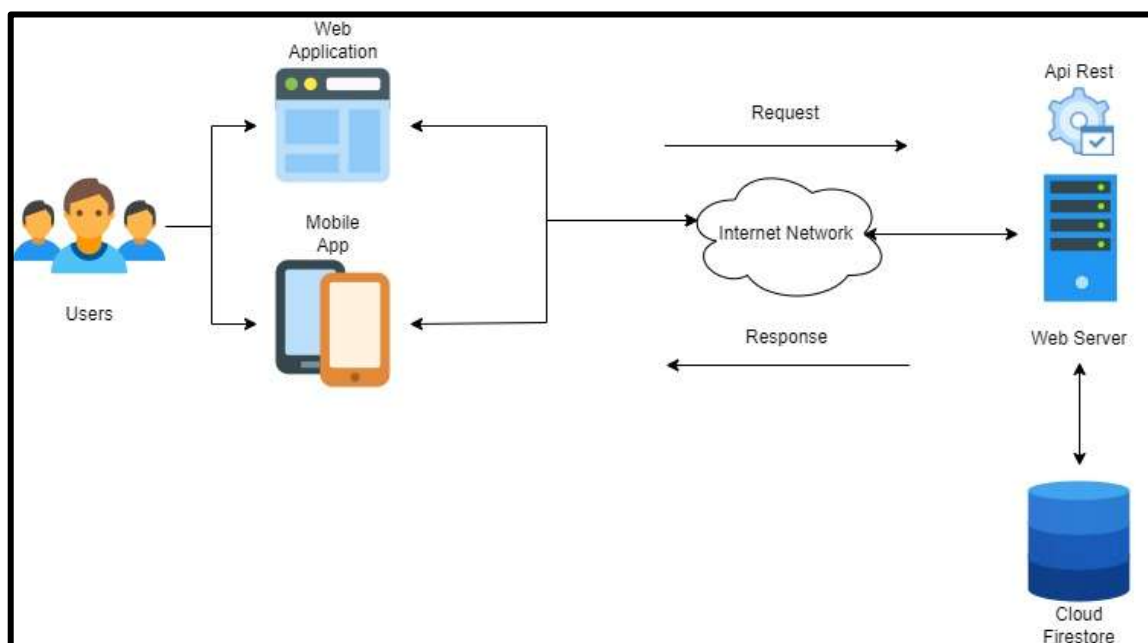


Figura 42 — Arquitectura lógica de la aplicación web

## **CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

Al haber culminado con el trabajo de investigación “Sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023”, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Con el sistema desarrollado, se logró mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.
- Con el sistema desarrollado, se logró reducir en un 83.94% la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía, de un total de 137 veces que la temperatura sale del rango óptimo sin el uso del sistema automatizado a 22 veces que la temperatura sale del rango óptimo con el uso del sistema automatizado.
- Con el sistema desarrollado, se logró reducir en un 87.50% la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía, de un total de 8 veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura sin el uso del sistema automatizado a 1 vez que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura con el uso del sistema automatizado.

### **6.2 Recomendaciones**

Referente al primer resultado, donde se logró mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay - 2023, se recomienda que las personas encargadas del uso del sistema automatizado tengan la capacidad de manejo de la aplicación web o móvil.

En cuanto al análisis del segundo resultado se reduce la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay - 2023, por lo cual se recomienda evaluar el uso de diferentes actuadores cuando la temperatura sale del rango óptimo para que sea menos la cantidad de veces que sale del rango óptimo.

En relación al tercer resultado, donde se reduce la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay - 2023, se



recomienda incorporar diferentes maneras de notificar al agricultor, como el uso de SMS o Firebase Cloud Messaging.

Por otra parte, se recomienda emplear la lógica difusa, en donde, la entrada de valores numéricos se transforma en valores lingüísticos (fuzzificación), a su vez, estas variables ingresan al sistema de inferencia, que tienen una base de conocimientos, finalmente se transforman los valores lingüísticos en valores numéricos (defuzzificación); las variables lingüísticas serían muy frío, frío, templado, caliente y muy caliente; de esta manera el control del rango ideal de la temperatura será más exacto.

Finalmente, se recomienda trabajar ciertos aspectos cuando el lugar de implementación no tiene internet; el control local debe ser autónomo se debe utilizar controladores programables que puedan gestionar el sistema sin conexión a internet; el almacenamiento de datos local se debe guardar en la memoria interna del controlador; las alertas locales se deben utilizar alarmas visuales o sonoras y pantallas locales que muestre en tiempo real los datos; el control manual de respaldo en caso de fallos automáticos para permitir al usuario intervenir en situaciones críticas sin tener que depender del sistema automatizado.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGUILAR ZAVALA, Samuel, 2020.** *Diseño de una solución basada en el internet de las cosas (IoT) empleando Lorawan para el monitoreo de cultivos agrícolas en Perú.* . Lima : Universidad Tecnológica del Perú.

**ÁNGEL CÓRDOVA, Alexis Gerardo, 2022.** *Propuesta para la implementación de un sistema de seguridad empleando tecnología Raspberry para una estación de bombero.* . La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022.

**ÁNGEL DE DIOS, Miguel, 2022.** Scrum: qué es y cómo funciona este marco de trabajo. [en línea]. 2022. Recuperado a partir de : <https://www.wearemarketing.com/es/blog/metodologia-scrum-que-es-y-como-funciona.html> [accedido 10 abril 2023].

**ARIAS FIGUEROA, Kevin Arnold, 2019.** *Aplicación Web para el Seguimiento y Control de Requisitos de Software de Proyectos Freelance 2017.* . Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

**ATLAS SCIENTIFIC, 2024.** Atlas Scientific | Environmental Robotics. [en línea]. 2024. Recuperado a partir de : <https://atlas-scientific.com/> [accedido 15 julio 2024].

**BERRIOS GÓMEZ, Sebastián, 2022.** *Diseño de un sistema IOT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero.* . Tacna : Universidad Privada de Tacna.

**CAYLLAHUA UTANI, Yon, 2023.** *Aplicación de un sistema de control basado en IoT para el balance de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga por hidroponía en el Distrito de Chilca, Lima, 2021.* . Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

**CHICAIZA RAMOS, Luis Javier, 2022.** *Simulación y control del sistema de riego, temperatura y humedad dentro de un invernadero de 4500 metros cuadrados en la comunidad de San Miguel de Paquiestancia.* . Cuenca : UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.



**COPACONDORI QUISPE, Edwin Jhonatan, 2018.** *Sistemas de Control de Temperatura.* . Lima : Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

**DRUMOND, Claire y REHKOPF, Max, 2018.** *Scrum: qué es, cómo funciona y por qué es excelente.* . . 2018.

**FLUTTER, 2023.** Flutter - Crea hermosas aplicaciones nativas en tiempo récord. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://esflutter.dev/> [accedido 10 abril 2023].

**GARCÍA RUIZ, Rubén Antonio, 2020.** *Estudio de la distribución de temperatura de aire en un invernadero tipo en Almería («raspa y amagado»).* . España : Universidad de Almería.

**GARRIDO SOTOMAYOR, Sandra, 2021.** Las metodologías ágiles más utilizadas y sus ventajas dentro de la empresa. [en línea]. 2021. Recuperado a partir de : <https://www.iebschool.com/blog/que-son-metodologias-agiles-agile-scrum/> [accedido 10 abril 2023].

**GOMEZ PACCI, Giovanna Natalia, 2019.** *Diseño e Implementación de un Controlador Difuso Utilizando Arduino para la Automatización de un Mini Invernadero de Rosas.* . Lima : Universidad Ricardo Palma.

**GONZÁLES GARCÍA, Antonio Jesús, 2017.** *IoT: Dispositivos, tecnologías de transporte y aplicaciones.* . Barcelona : Universitat Oberta de Catalunya.

**GOOGLE, 2023.** Cloud Firestore. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es-419> [accedido 10 abril 2023].

**HERAZO, Luis, 2023.** ¿Qué es una aplicación móvil? | Anincubator - Blog. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/> [accedido 10 abril 2023].

**HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, 2014.** *Metodología de la Investigación.* 6. México. ISBN 978-1-4562-2396-0.



**HERNÁNDEZ SANZ, Eva María, 2019.** *Desarrollo de un Sistema de monitorización y control de un invernadero aplicando Tecnología IoT.* . Santander : Universidad de Cantabria.

**INFOAGRO, 2014.** Control climático en invernaderos. 1ª parte. [en línea]. 2014. Recuperado a partir de : [https://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico.htm](https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm) [accedido 4 abril 2023].

**KEN SCHWABER & JEFF SUTHERLAND, 2020.** La Guía de Scrum. [en línea]. 2020. Recuperado a partir de : <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American.pdf> [accedido 10 abril 2023].

**KEN SCHWABER, 2010.** What is Scrum? | Scrum.org. . . 2010.

**LEWIS, J. R., 1995.** IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. . pp. 1-23.

**LLIULLI LÓPEZ, Jackeline, 2021.** *Aplicación Móvil para Mejorar el Monitoreo Actitudinal de Alumnas del 4to Grado de la Institución Educativa Nuestra Señora del Rosario, Abancay-2018.* . Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

**LÓPEZ SOBRINO, David, 2019.** *Construcción de un invernadero y la implementación de diferentes técnicas de control para la humedad y la temperatura.* . España : Universidad Politécnica de Madrid.

**LOZADA, José, 2014.** Investigación Aplicada Definición, Propiedad Intelectual e Industria. En : BONACCORSO, Elisa (ed.).

**MACHACA CUTIPA, Juan Carlos, 2018.** *Control predictivo multivariable y su eficacia en la optimización del clima de un Invernadero.* . Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

**MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO, 2021.** Semana Nacional de Frutas y Verduras 2021. . pp. 1-8.



**MONZÓN SEQUEIROS, Carlos Alberto, 2016.** *Evaluación del rendimiento de tomate de crecimiento indeterminado (*Lycopersicum sculentum* mill) de variedades híbridos utilizando abonos fermentados de gallinaza y cuyaza – Abancay.* . Abancay : Universidad Tecnológica de lo Andes.

**MORA MAGALLANES, Hansell Valmir y ROSAS PARI, José Luis, 2019.** *Diseño, desarrollo e implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el control, monitoreo y toma de decisiones aplicado en la agricultura de precisión basado en internet de las cosas (IOT).* – *Caso de estudio cultivo de frijol.* . Lima : Universidad Ricardo Palma.

**MORALES PEREZ, Katherine Soledad, 2018.** *Diseño de un sistema de control automatizado para medir temperatura, humedad y riego de un invernadero de *Solanumlycopersicum*, centro poblado de Marian - Huaraz, 2018.* . Huaraz : Universidad Católica los Ángeles de Chimbote.

**MOZILLA, 2023.** JavaScript. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript> [accedido 10 abril 2023].

**NATA RIVERA, Edisson David y SILVA PILAGUANO, Jonathan Stalin, 2019.** *Implementación de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura para cultivos de semillas de un invernadero del campus Salache.* . Latacunga : Ecuador: Latacunga.

**NAYLAMPMECHATRONICS, 2015.** Módulo Relay, N canales 5VDC. [en línea]. 2015. Recuperado a partir de : <https://naylampmechatronics.com/drivers/152-modulo-relay-4-canales-5vdc.html> [accedido 18 abril 2023].

**NODE.ORG, 2023.** Acerca | Node.js. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://nodejs.org/es/about> [accedido 10 abril 2023].

**ORTIZ ASCARZA, Hernán, 2016.** *Evaluación de Cuatro Variedades de Tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill) Bajo Invernadero, en el Centro de Investigación y Producción Santo Tomas - Pichirhua Abancay.* . Abancay : Universidad Tecnológica de los Andes.



**PALACIO, Carlos Andrés, 2021.** 12 principios del Manifiesto ágil. [en línea]. 2021. Recuperado a partir de : <https://www.pragma.com.co/blog/la-introduccion-al-manifiesto-agil> [accedido 10 abril 2023].

**PANIURA HUAYHUA, Mercedes, 2022.** *Comportamiento y rendimiento de tres variedades de tomate cherry (Solanum lycopersicum L) en condiciones de invernadero – Abancay–2020.* . Abancay : Universidad Tecnológica de los Andes.

**PERLMAN, Gary, 2023.** Computer System Usability Questionnaire. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://garyperلمان.com/quest/quest.cgi> [accedido 19 abril 2023].

**PUJANTE, Fulgencio, 2001.** Control climático en invernadero. . pp. 211-219.

**PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2024.** El tutorial de Python. [en línea]. 2024. Recuperado a partir de : <https://docs.python.org/es/3/tutorial/> [accedido 15 julio 2024].

**QUIÑONEZ MUÑOZ, Oswaldo, 2019.** *Internet de las Cosas (IoT).* Estados Unidos. ISBN 978-1640864313.

**RASPBERRY PI, 2023.** Raspberry Pi 3 Modelo B - Raspberry Pi. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://raspberrypi.cl/producto/raspberry-pi-3-modelo-b-2/> [accedido 6 abril 2023].

**REÁTEGUI ARRIVASPLATA, Carlos Raúl, 2019.** *Desarrollo de un sistema de monitoreo y control micro climático en apoyo al cultivo de arándanos en invernadero en la ciudad de Caraz, Departamento de Áncash.* . Áncash : Universidad Tecnológica del Perú.

**REYNA HUAMÁN, C. E., 2015.** *Sistema automatizado para el monitoreo y control de humedad en un invernadero.* . Lima : Pontificia Universidad Católica Del Perú.

**RODRÍGUEZ CHICAIZA, Jhonatan Rodrigo y ULCUANGO LLUMIQUINGA, Karen Patricia, 2018.** *Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero" Clara Llumiquinga" sector de Patután provincia de Cotopaxi.* . Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.



**SÁEZ HURTADO, Javier, 2021.** Cómo funciona la Metodología Scrum: Qué es y cómo utilizarla. [en línea]. 2021. Recuperado a partir de : <https://www.iebschool.com/blog/metodologia-scrum-agile-scrum/> [accedido 10 abril 2023].

**SCRUM MANAGER, 2016.** Gestión de proyectos Scrum Manager. [en línea]. 2016. Recuperado a partir de : [https://www.scrummanager.com/files/sm\\_proyecto.pdf](https://www.scrummanager.com/files/sm_proyecto.pdf) [accedido 11 abril 2023].

**SIMÕES, Chiyana, 2021.** ¿Qué es Node.js, y para qué sirve? [en línea]. 2021. Recuperado a partir de : <https://www.itdo.com/blog/que-es-node-js-y-para-que-sirve/> [accedido 10 abril 2023].

**SOLANO, Humberto Llinás, 2017.** *Estadística Inferencial*. 1. Editorial Universidad del Norte. ISBN 9789587410884.

**SUPO SAMANEZ, Maciel Deni, 2019.** *Desarrollo de una Aplicación Móvil para Controlar las Variables Climáticas en el Invernadero de la UNTELS*. . Villa el Salvador : Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

**UTUS CRISPÍN, Jesús Ángel, 2021.** *Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero para el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa–El Tambo, 2021*. . Huancayo : Universidad Continental.

**ZUBIRIAS, Gabriela Cervantes et al., 2022.** Órgano de Divulgación Científica y Tecnológica Tecnológico Nacional de México, Campus Pánuco. . Vol. 9, pp. 1-63.

**IBARRA, Manuel J et al., 2020.** NFT-I technique using IoT to improve hydroponic cultivation of lettuce. En : 2020 39th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC), pp. 1-7. . 2020.

**HORACIO, Alfonso and CHACÓN, Torrico, 2019.** *Evaluación de Usabilidad y Factibilidad de un Aplicativo Móvil para Agentes Comunitarios de Salud en Comunidades Remotas de la Amazonía Peruana*.



**PERETTO, Claudia, 2016.** *Evaluación de eficiencia y productividad del sistema bancario. El caso de las Entidades bancarias de la República Argentina en la década del 2001-2010.*

**DATASCIENTEST, 2024.** Los sistemas embebidos: ¿Qué son? ¿Cómo funcionan? [online]. 2024. Retrieved from : <https://datascientest.com/es/sistemas-embebidos> [accessed 3 September 2024].



## ANEXOS



**Anexo 01. Matriz de consistencia**

**Tabla 87 — Matriz de consistencia**

**Título Propuesto:** “Sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>PG.</b> ¿Será posible implementar un sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023?</p>	<p><b>OG.</b> Implementar un sistema automatizado para mejorar el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023.</p>	<p><b>HG.</b> Si se utiliza el sistema automatizado, entonces se mejora el control de temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía en Abancay, 2023.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> SISTEMA AUTOMATIZADO</p>	<p>Usabilidad del sistema</p>	<p>Usabilidad</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p>
				<p>Cuestionario CSUQ</p>		
				<p>Eficiencia</p>	<p>Tiempo de ahorro en lectura</p>	<p><b>Nivel de investigación:</b> Explicativa</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Será posible reducir la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía?</li> <li>- ¿Será posible reducir la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.</li> <li>- Reducir la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si se utiliza el sistema automatizado, entonces se reduce la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo en el cultivo de tomate con hidroponía.</li> <li>- Si se utiliza el sistema automatizado, entonces se reduce la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura en el cultivo de tomate con hidroponía.</li> </ul>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> CONTROL DE TEMPERATURA</p>	<p>Rango de Control</p>	<p>Número de veces que la temperatura sale del rango óptimo</p>	<p><b>Diseño de investigación:</b> Cuasiexperimental</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Población:</b> 50 plantas de tomate.</p> <p><b>Muestra:</b> 44 plantas de tomate.</p> <p><b>Técnica:</b> Observación</p> <p><b>Instrumento:</b> Cuestionario CSUQ Aplicación web y móvil</p> <p><b>Estadístico:</b> Distribución normal Z.</p>
				<p>Medición de la Temperatura</p>	<p>Número de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura</p>	



## Anexo 02. Población de la investigación

La población se determinó por la cantidad de tomates germinados para la investigación.



Figura 43 — Población de la investigación

### Anexo 03. Cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo

Para el análisis de la cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo, se observó cada día por 1 semana de forma manual, obteniendo 137 veces que la temperatura sale del rango óptimo en un intervalo de 10 minutos de un total de 448 mediciones. En la siguiente tabla se muestra la lista diaria por 1 semana con sus respectivas veces que la temperatura salió del rango óptimo:

**Tabla 88 — Temperatura que sale del rango óptimo sin sistema**

Número de Día	Cantidad de veces que sale del rango óptimo sin el sistema automatizado	Cantidad de veces que NO sale del rango óptimo sin el sistema automatizado
1	7	35
2	26	65
3	24	37
4	34	40
5	20	30
6	5	37
7	21	67
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.57</b>	<b>44.43</b>
<b>SUMA</b>	<b>137</b>	<b>311</b>

A continuación, se muestra los datos recopilados manualmente de la temperatura en un intervalo de 10 minutos **que sale del rango óptimo sin el sistema:**

Control		Sin sistema		Fecha: 25/03/2024	
				Hora: 07:00 AM	
Datos de Encargado					
Nombre	Irwin		DNI	76173874	
Apellidos	Estrada Torres				
Fecha y Hora			Temperatura (C°)		
25-03-2024	10:45 AM				34
25-03-2024	11:00 AM				33.9
25-03-2024	12:16 PM				33.2
25-03-2024	12:31 PM				40.5
25-03-2024	12:47 PM				38.4
25-03-2024	03:02 PM				31.7
25-03-2024	10:56 PM				14.9
26-03-2024	12:12 AM				14.9
26-03-2024	12:27 AM				14.9
26-03-2024	12:42 AM				14.6
26-03-2024	12:57 AM				14.7
26-03-2024	01:13 AM				14.8
26-03-2024	01:28 AM				14.5
26-03-2024	01:43 AM				14.5
26-03-2024	01:58 AM				14.7
26-03-2024	02:14 AM				14.6
26-03-2024	02:29 AM				14.5
26-03-2024	02:44 AM				14.2
26-03-2024	02:59 AM				14.1
26-03-2024	03:14 AM				14
26-03-2024	03:30 AM				14.5
26-03-2024	03:45 AM				14.7
26-03-2024	04:46 AM				14.9
26-03-2024	05:01 AM				14.9
26-03-2024	11:06 AM				32.4
26-03-2024	11:52 AM				37.9
26-03-2024	12:07 PM				35.8
26-03-2024	12:53 PM				32.7
26-03-2024	01:08 PM				34.2
26-03-2024	01:23 PM				32
26-03-2024	01:38 PM				31.7
26-03-2024	03:25 PM				31.8
26-03-2024	03:40 PM				32.6
27-03-2024	08:55 AM				32.2
27-03-2024	09:10 AM				31.4
27-03-2024	09:25 AM				31.7
27-03-2024	09:41 AM				31.1
27-03-2024	10:26 AM				34.4
27-03-2024	10:42 AM				36.3
27-03-2024	10:57 AM				36.4
27-03-2024	11:12 AM				37.4
27-03-2024	11:27 AM				35.2

Figura 44 — Registros de temperatura que sale del rango óptimo sin sistema página 1



27-03-2024	11:42 AM	38.5
27-03-2024	11:58 AM	39.4
27-03-2024	12:13 PM	40.1
27-03-2024	12:28 PM	40.5
27-03-2024	12:43 PM	37.2
27-03-2024	12:52 PM	37.4
27-03-2024	01:14 PM	31.7
27-03-2024	01:29 PM	34.2
27-03-2024	01:44 PM	37.1
27-03-2024	01:59 PM	38.1
27-03-2024	02:15 PM	32.8
27-03-2024	02:30 PM	32.3
27-03-2024	02:45 PM	32.6
27-03-2024	03:00 PM	33.8
27-03-2024	03:16 PM	32.4
28-03-2024	05:49 AM	14.9
28-03-2024	06:04 AM	14.9
28-03-2024	08:35 AM	30.6
28-03-2024	08:51 AM	31.7
28-03-2024	09:06 AM	32.1
28-03-2024	09:21 AM	32.2
28-03-2024	09:36 AM	32.5
28-03-2024	09:51 AM	33.8
28-03-2024	10:07 AM	35.6
28-03-2024	10:22 AM	36.3
28-03-2024	10:37 AM	37.8
28-03-2024	10:52 AM	38.2
28-03-2024	11:07 AM	37.6
28-03-2024	11:22 AM	35.3
28-03-2024	11:38 AM	36.6
28-03-2024	11:53 AM	36.4
28-03-2024	12:08 PM	37.1
28-03-2024	12:23 PM	36.2
28-03-2024	12:38 PM	37.6
28-03-2024	12:53 PM	32.3
28-03-2024	01:09 PM	33.3
28-03-2024	01:24 PM	35.1
28-03-2024	01:39 PM	33.1
28-03-2024	01:54 PM	36.8
28-03-2024	02:09 PM	37.2
28-03-2024	02:24 PM	37
28-03-2024	02:40 PM	35.8
28-03-2024	02:55 PM	33.2
28-03-2024	03:10 PM	32.7
28-03-2024	03:25 PM	34
28-03-2024	03:40 PM	34.2
28-03-2024	03:55 PM	33
28-03-2024	04:11 PM	32.8

Figura 45 — Registros de temperatura que sale del rango óptimo sin sistema página 2



28-03-2024	04:26 PM	33.1
29-03-2024	09:53 AM	30.8
29-03-2024	10:08 AM	31
29-03-2024	11:09 AM	30.3
29-03-2024	11:24 AM	31.8
29-03-2024	11:39 AM	31.2
29-03-2024	11:55 AM	32.4
29-03-2024	12:10 PM	34.5
29-03-2024	12:25 PM	31.7
29-03-2024	01:10 PM	31
29-03-2024	01:25 PM	37.9
29-03-2024	01:41 PM	36.9
29-03-2024	01:56 PM	37.7
29-03-2024	02:11 PM	37.9
29-03-2024	02:26 PM	39.7
29-03-2024	02:42 PM	37.2
29-03-2024	02:57 PM	32.6
29-03-2024	03:27 PM	32.8
29-03-2024	03:42 PM	36.1
29-03-2024	03:57 PM	34.3
29-03-2024	04:13 PM	30.8
30-03-2024	12:35 PM	31.4
30-03-2024	01:20 PM	30.2
30-03-2024	01:52 PM	30.5
30-03-2024	02:07 PM	33.1
30-03-2024	02:22 PM	31.9
31-03-2024	08:52 AM	30.3
31-03-2024	09:07 AM	31.8
31-03-2024	09:22 AM	32.3
31-03-2024	09:38 AM	31
31-03-2024	09:53 AM	34.9
31-03-2024	10:08 AM	36.2
31-03-2024	10:23 AM	32.2
31-03-2024	11:09 AM	34.9
31-03-2024	11:24 AM	35.7
31-03-2024	12:55 PM	37.7
31-03-2024	01:11 PM	40.7
31-03-2024	01:26 PM	40.3
31-03-2024	01:41 PM	39.7
31-03-2024	01:56 PM	34.1
31-03-2024	02:12 PM	30.9
31-03-2024	02:28 PM	37
31-03-2024	02:43 PM	37.7
31-03-2024	02:58 PM	35.7
31-03-2024	03:13 PM	33.7
31-03-2024	03:29 PM	32.5
31-03-2024	03:44 PM	31.8

Figura 46 — Registros de temperatura que sale del rango óptimo sin sistema página 3

También, se muestra los datos recopilados manualmente de la temperatura en un intervalo de 10 minutos que no sale del rango óptimo sin el sistema:

Control		Sin sistema		Fecha: 25/03/2024	
				Hora: 07:00 AM	
Datos de Encargado					
Nombre	Irwin		DNI	76173874	
Apellidos	Estrada Torres				
Fecha y Hora			Temperatura (C°)		
25-03-2024	07:03 AM				19.3
25-03-2024	07:16 AM				19.2
25-03-2024	07:32 AM				18.9
25-03-2024	07:47 AM				18.7
25-03-2024	08:02 AM				18.8
25-03-2024	08:17 AM				19.1
25-03-2024	08:33 AM				19.2
25-03-2024	04:48 PM				19.3
25-03-2024	05:03 PM				19
25-03-2024	05:18 PM				18.8
25-03-2024	05:34 PM				18.5
25-03-2024	05:49 PM				18.1
25-03-2024	06:04 PM				18
25-03-2024	06:19 PM				17.9
25-03-2024	06:34 PM				17.8
25-03-2024	06:50 PM				17.7
25-03-2024	07:05 PM				17.6
25-03-2024	07:20 PM				17.5
25-03-2024	07:35 PM				17.3
25-03-2024	07:50 PM				17.4
25-03-2024	08:05 PM				19.6
25-03-2024	08:20 PM				19.7
25-03-2024	08:35 PM				19.4
25-03-2024	08:50 PM				19.1
25-03-2024	09:05 PM				18.7
25-03-2024	09:20 PM				18.5
25-03-2024	09:35 PM				18.2
25-03-2024	09:50 PM				18.1
25-03-2024	10:05 AM				18.1
25-03-2024	10:20 PM				18
25-03-2024	10:35 PM				18.1
25-03-2024	10:50 PM				17.9
25-03-2024	11:05 PM				17.8
25-03-2024	11:20 PM				18
25-03-2024	11:35 PM				18.1
26-03-2024	12:06 AM				17.4
26-03-2024	12:21 AM				17.3
26-03-2024	12:36 AM				17.3
26-03-2024	12:51 AM				17.1
26-03-2024	01:07 AM				17.2
26-03-2024	01:22 AM				17.2
26-03-2024	01:37 AM				17.1

Figura 47 — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página



26-03-2024	01:52 AM	16.9
26-03-2024	02:07 AM	17
26-03-2024	02:23 AM	16.9
26-03-2024	02:38 AM	16.8
26-03-2024	02:53 AM	16.7
26-03-2024	03:08 AM	16.8
26-03-2024	03:24 AM	16.8
26-03-2024	03:39 AM	16.7
26-03-2024	03:54 AM	16.8
26-03-2024	04:09 AM	16.6
26-03-2024	04:24 AM	16.5
26-03-2024	04:40 AM	16.4
26-03-2024	04:55 AM	16.2
26-03-2024	05:10 AM	16.1
26-03-2024	05:25 AM	16.1
26-03-2024	05:40 AM	16.2
26-03-2024	05:56 AM	16.1
26-03-2024	06:11 AM	16.1
26-03-2024	06:26 AM	16.1
26-03-2024	06:41 AM	16.3
26-03-2024	06:57 AM	16.5
26-03-2024	07:12 AM	16.9
26-03-2024	07:27 AM	17.4
26-03-2024	07:42 AM	18.1
26-03-2024	07:57 AM	18.9
26-03-2024	08:13 AM	19.9
26-03-2024	08:28 AM	20.9
26-03-2024	08:43 AM	23.2
26-03-2024	08:58 AM	25.1
26-03-2024	09:14 AM	25.9
26-03-2024	09:29 AM	26.9
26-03-2024	09:44 AM	28
26-03-2024	09:59 AM	28.5
26-03-2024	10:14 AM	28.6
26-03-2024	10:30 AM	29.6
26-03-2024	02:03 PM	27.7
26-03-2024	02:18 PM	28
26-03-2024	02:33 PM	27
26-03-2024	02:48 PM	25.7
26-03-2024	03:04 PM	25
26-03-2024	04:04 PM	23.9
26-03-2024	04:20 PM	23.5
26-03-2024	04:35 PM	23.7
26-03-2024	04:50 PM	22.2
26-03-2024	05:05 PM	20.8
26-03-2024	05:21 PM	19.7
26-03-2024	05:36 PM	19.2
26-03-2024	05:51 PM	18.7

Figura 48 — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página

26-03-2024	06:06 PM	18.4
26-03-2024	06:21 PM	18.2
26-03-2024	10:10 PM	15.3
26-03-2024	10:25 PM	15.2
26-03-2024	10:40 PM	15.1
26-03-2024	10:56 PM	15.3
26-03-2024	11:11 PM	15.1
26-03-2024	11:26 PM	15.2
26-03-2024	11:41 PM	15.4
26-03-2024	11:57 PM	15.5
27-03-2024	12:12 AM	15.2
27-03-2024	12:27 AM	15.1
27-03-2024	05:31 AM	15.1
27-03-2024	05:47 AM	15.2
27-03-2024	06:02 AM	15.1
27-03-2024	06:17 AM	15.3
27-03-2024	06:32 AM	15.8
27-03-2024	06:48 AM	16.6
27-03-2024	07:03 AM	17.3
27-03-2024	07:18 AM	18
27-03-2024	07:33 AM	19.7
27-03-2024	07:48 AM	21.9
27-03-2024	08:04 AM	24.6
27-03-2024	08:19 AM	26.8
27-03-2024	08:34 AM	26.6
27-03-2024	08:49 AM	28.4
27-03-2024	09:04 AM	28.6
27-03-2024	09:20 AM	26.9
27-03-2024	02:09 PM	25.1
27-03-2024	02:24 PM	24.2
27-03-2024	02:38 PM	23.7
27-03-2024	02:55 PM	24
27-03-2024	03:10 PM	26.5
27-03-2024	03:25 PM	27.5
27-03-2024	05:12 PM	27.3
27-03-2024	05:27 PM	22.2
27-03-2024	05:42 PM	20.2
27-03-2024	05:57 PM	19.1
27-03-2024	06:12 PM	18.3
27-03-2024	06:28 PM	18
27-03-2024	06:43 PM	17.8
27-03-2024	06:58 PM	17.7
27-03-2024	07:13 PM	17.4
27-03-2024	07:28 PM	17.3
27-03-2024	07:44 PM	17.2
27-03-2024	07:59 PM	17
27-03-2024	08:14 PM	16.8
28-03-2024	12:02 AM	17.1

Figura 49 — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página

28-03-2024	12:18 AM	17
28-03-2024	12:33 AM	17
28-03-2024	12:48 AM	16.9
28-03-2024	01:03 AM	16.9
28-03-2024	01:18 AM	16.9
28-03-2024	05:22 AM	16.1
28-03-2024	05:37 AM	16.1
28-03-2024	05:52 AM	16.3
28-03-2024	06:08 AM	16.4
28-03-2024	06:23 AM	16.5
28-03-2024	06:38 AM	16.6
28-03-2024	06:53 AM	16.9
28-03-2024	07:08 AM	17.6
28-03-2024	07:24 AM	18.3
28-03-2024	07:38 AM	19.3
28-03-2024	07:54 AM	18.7
28-03-2024	08:09 AM	19.4
28-03-2024	08:25 AM	22.2
28-03-2024	08:40 AM	25.1
28-03-2024	08:55 AM	25.7
28-03-2024	09:10 AM	26.1
28-03-2024	03:46 PM	28.2
28-03-2024	04:01 PM	26.7
28-03-2024	04:17 PM	25.4
28-03-2024	04:32 PM	24
28-03-2024	04:47 PM	22.8
28-03-2024	05:02 PM	22.2
28-03-2024	05:17 PM	21.4
28-03-2024	05:33 PM	21.1
28-03-2024	05:48 PM	20.8
28-03-2024	06:03 PM	20.4
28-03-2024	06:18 PM	19.9
28-03-2024	06:34 PM	19.7
28-03-2024	06:49 PM	19.3
28-03-2024	07:04 PM	19
28-03-2024	07:19 PM	18.9
28-03-2024	07:34 PM	18.8
28-03-2024	07:50 PM	18.8
28-03-2024	08:05 PM	18.7
29-03-2024	05:53 AM	15.2
29-03-2024	05:18 AM	15.2
29-03-2024	05:33 AM	15.1
29-03-2024	05:48 AM	14.9
29-03-2024	06:04 AM	14.9
29-03-2024	06:19 AM	15.1
29-03-2024	06:34 AM	15.3
29-03-2024	06:49 AM	16.4
29-03-2024	07:04 AM	20.1

Figura 50 — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página



29-03-2024	07:20 AM	22.4
29-03-2024	07:35 AM	24
29-03-2024	07:50 AM	25.9
29-03-2024	08:05 AM	27.6
29-03-2024	08:20 AM	29
29-03-2024	08:35 AM	29.1
29-03-2024	08:51 PM	27.3
29-03-2024	09:27 PM	24.2
29-03-2024	09:42 PM	22.6
29-03-2024	09:57 PM	21.5
29-03-2024	10:12 PM	20.6
29-03-2024	10:27 PM	20.4
29-03-2024	10:43 PM	20.5
29-03-2024	10:58 PM	20.6
29-03-2024	11:13 PM	20.2
29-03-2024	11:28 PM	19.6
29-03-2024	11:43 PM	19.2
29-03-2024	11:59 PM	18.9
29-03-2024	12:14 PM	18.8
29-03-2024	12:29 PM	18.7
29-03-2024	12:44 PM	18.5
30-03-2024	05:05 AM	17.3
30-03-2024	05:20 AM	17
30-03-2024	05:35 AM	16.7
30-03-2024	05:50 AM	16.4
30-03-2024	06:05 AM	16.6
30-03-2024	06:21 AM	16.7
30-03-2024	06:36 AM	16.9
30-03-2024	06:51 AM	17.1
30-03-2024	07:06 AM	17.5
30-03-2024	07:21 AM	18.1
30-03-2024	07:36 AM	19.1
30-03-2024	07:52 AM	26.8
30-03-2024	08:07 AM	28.5
30-03-2024	08:22 AM	27.5
30-03-2024	08:37 AM	25.3
30-03-2024	08:52 AM	26.1
30-03-2024	09:07 AM	24.7
30-03-2024	09:13 PM	25.8
30-03-2024	09:28 PM	22.7
30-03-2024	09:44 PM	21.6
30-03-2024	09:59 PM	20.6
30-03-2024	10:04 PM	20.8
30-03-2024	10:19 PM	20.1
30-03-2024	10:34 PM	19.8
30-03-2024	10:49 PM	19.5
30-03-2024	11:05 PM	19.3
30-03-2024	11:20 PM	19.2

Figura 51 — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página

30-03-2024	07:35 PM	19.1
30-03-2024	07:50 PM	19.1
30-03-2024	08:05 PM	19.3
30-03-2024	08:21 PM	19
30-03-2024	08:36 PM	19.2
30-03-2024	08:51 PM	19.3
30-03-2024	09:06 PM	19.2
30-03-2024	09:21 PM	19
30-03-2024	09:37 PM	19
30-03-2024	09:52 PM	18.7
31-03-2024	12:01 AM	18.1
31-03-2024	12:17 AM	18
31-03-2024	12:32 AM	18.2
31-03-2024	12:47 AM	18.3
31-03-2024	01:02 AM	18.3
31-03-2024	01:17 AM	18
31-03-2024	01:32 AM	18.1
31-03-2024	01:48 AM	18
31-03-2024	02:03 AM	17.8
31-03-2024	02:18 AM	17.7
31-03-2024	02:33 AM	17.9
31-03-2024	02:48 AM	17.8
31-03-2024	03:03 AM	17.9
31-03-2024	03:19 AM	17.9
31-03-2024	03:34 AM	17.9
31-03-2024	03:49 AM	17.8
31-03-2024	04:04 AM	17.7
31-03-2024	04:19 AM	17.6
31-03-2024	04:34 AM	17.5
31-03-2024	04:50 AM	17.4
31-03-2024	05:05 AM	17.3
31-03-2024	05:20 AM	17
31-03-2024	05:35 AM	16.7
31-03-2024	05:50 AM	16.4
31-03-2024	06:05 AM	16.6
31-03-2024	06:21 AM	16.7
31-03-2024	06:36 AM	16.9
31-03-2024	06:51 AM	17.1
31-03-2024	07:06 AM	17.5
31-03-2024	07:21 AM	18.1
31-03-2024	07:36 AM	19.7
31-03-2024	07:52 AM	26.8
31-03-2024	08:07 AM	28.5
31-03-2024	08:22 AM	27.8
31-03-2024	08:37 AM	25.3
31-03-2024	08:52 AM	26.1
31-03-2024	09:07 AM	24.7
31-03-2024	09:23 AM	27.2

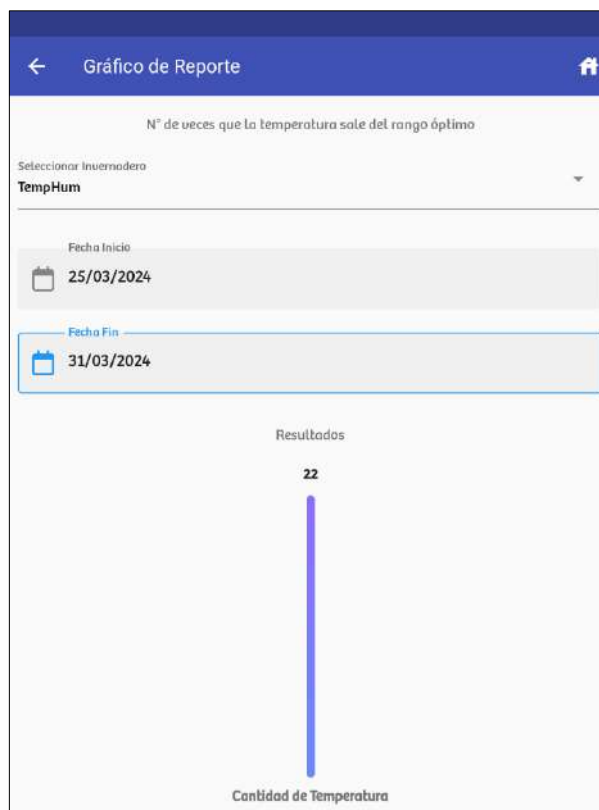
Figura 52 — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo sin sistema página



En la verificación de cantidad de veces que la temperatura sale del rango óptimo usando el sistema automatizado, se observó cada día por 1 semana, obteniendo 22 veces que la temperatura sale del rango óptimo en un intervalo de 10 minutos de un total de 448 mediciones, debido a que los cálculos se realizan de manera automatizada por la aplicación web, así como se muestra en la siguiente imagen:

**Tabla 89 — Temperatura que sale del rango óptimo con sistema**

Número de Día	Cantidad de veces que sale del rango óptimo con el sistema automatizado	Cantidad de veces que no sale del rango óptimo con el sistema automatizado
1	4	35
2	2	68
3	2	77
4	4	87
5	2	46
6	5	30
7	3	83
<b>PROMEDIO</b>	<b>3.14</b>	<b>60.86</b>
<b>SUMA</b>	<b>22</b>	<b>426</b>



**Figura 54 — Temperatura que sale del rango óptimo con la aplicación móvil**



A continuación, se muestra los datos recopilados de la temperatura por el sistema automatizado en un intervalo de 10 minutos **que sale del rango óptimo con el sistema:**

**Tabla 90 — Registros de temperatura que sale del rango óptimo con sistema**

<b>Control</b>	Con Sistema	<b>Fecha:</b> 25/03/2024	
		<b>Hora:</b> 07:00 AM	
<b>Datos de Encargado</b>			
<b>Nombre</b>	Irwin	<b>DNI</b>	76173874
<b>Apellidos</b>	Estrada Torres		
<b>Fecha y Hora</b>		<b>Temperatura (C°)</b>	
25-03-2024 08:44 AM		31.4	
25-03-2024 09:30 AM		37.7	
25-03-2024 01:00 PM		43.2	
25-03-2024 01:45 PM		40.8	
26-03-2024 08:43 AM		30.5	
26-03-2024 09:28 AM		33.7	
27-03-2024 12:16 PM		32.2	
27-03-2024 01:01 PM		31.8	
28-03-2024 10:31 AM		32	
28-03-2024 11:16 AM		35.7	
28-03-2024 03:34 PM		31.9	
28-03-2024 04:20 PM		30.8	
29-03-2024 09:41 AM		33.8	
29-03-2024 10:27 AM		35.6	
30-03-2024 12:49 PM		37.4	
30-03-2024 01:35 PM		40.1	
30-03-2024 02:21 PM		31.7	
30-03-2024 03:22 PM		30.7	
30-03-2024 04:08 PM		37.2	
31-03-2024 06:05 AM		14.8	
31-03-2024 09:07 AM		30.9	
31-03-2024 09:53 AM		33.8	



También, se muestra los datos recopilados de la temperatura por el sistema automatizado en un intervalo de 10 minutos **que no sale del rango óptimo con el sistema:**

**Tabla 91 — Registros de temperatura que no sale del rango óptimo con sistema**

<b>Control</b>	Con Sistema	<b>Fecha:</b> 25/03/2024	
		<b>Hora:</b> 07:00 AM	
<b>Datos de Encargado</b>			
<b>Nombre</b>	Irwin	<b>DNI</b>	76173874
<b>Apellidos</b>	Estrada Torres		
<b>Fecha y Hora</b>		<b>Temperatura (C°)</b>	
25-03-2024 07:13 AM		19.6	
25-03-2024 07:28 AM		20.4	
25-03-2024 07:44 AM		21.1	
25-03-2024 07:59 AM		23.5	
25-03-2024 08:14 AM		26.5	
25-03-2024 08:29 AM		28.6	
25-03-2024 04:47 PM		28.9	
25-03-2024 05:02 PM		28.6	
25-03-2024 05:17 PM		25.4	
25-03-2024 05:33 PM		24.1	
25-03-2024 05:48 PM		23.1	
25-03-2024 06:03 PM		22.2	
25-03-2024 06:18 PM		21.7	
25-03-2024 06:33 PM		21.3	
25-03-2024 06:48 PM		20.7	
25-03-2024 07:04 PM		20.5	
25-03-2024 07:19 PM		20.6	
25-03-2024 07:34 PM		20.8	
25-03-2024 07:49 PM		20.5	
25-03-2024 08:04 PM		20.1	
25-03-2024 08:19 PM		19.6	
25-03-2024 08:35 PM		19.7	
25-03-2024 08:50 PM		19.6	
25-03-2024 09:05 PM		19.4	
25-03-2024 09:20 PM		19.1	



25-03-2024 09:35 PM	18.7
25-03-2024 09:50 PM	18.5
25-03-2024 10:06 PM	18.2
25-03-2024 10:21 PM	18.1
25-03-2024 10:36 PM	18.1
25-03-2024 10:51 PM	18
25-03-2024 11:06 PM	18.1
25-03-2024 11:21 PM	17.9
25-03-2024 11:37 PM	17.8
25-03-2024 11:52 PM	18
26-03-2024 12:07 AM	17.9
26-03-2024 12:22 AM	17.6
26-03-2024 12:37 AM	17.6
26-03-2024 12:52 AM	17.6
26-03-2024 01:08 AM	17.6
26-03-2024 01:23 AM	17.5
26-03-2024 01:38 AM	17.5
26-03-2024 01:53 AM	17.6
26-03-2024 02:08 AM	17.6
26-03-2024 02:23 AM	17.6
26-03-2024 02:39 AM	17.4
26-03-2024 02:54 AM	17.2
26-03-2024 03:09 AM	17.2
26-03-2024 03:24 AM	17.1
26-03-2024 03:39 AM	17.1
26-03-2024 03:54 AM	17
26-03-2024 04:10 AM	16.9
26-03-2024 04:25 AM	16.8
26-03-2024 04:40 AM	16.7
26-03-2024 04:55 AM	16.6
26-03-2024 05:10 AM	16.4
26-03-2024 05:25 AM	16.1
26-03-2024 05:41 AM	16
26-03-2024 05:56 AM	16
26-03-2024 06:11 AM	16.1



26-03-2024 06:26 AM	16.2
26-03-2024 06:41 AM	16.4
26-03-2024 06:56 AM	17.3
26-03-2024 07:12 AM	19.4
26-03-2024 07:27 AM	22.1
26-03-2024 07:42 AM	23.4
26-03-2024 07:57 AM	22.2
26-03-2024 08:12 AM	25.2
26-03-2024 08:27 AM	27.6
26-03-2024 03:32 PM	29.4
26-03-2024 03:48 PM	27.1
26-03-2024 04:03 PM	26
26-03-2024 04:18 PM	25.2
26-03-2024 04:33 PM	24.8
26-03-2024 04:48 PM	24.5
26-03-2024 05:03 PM	24.2
26-03-2024 05:19 PM	23.7
26-03-2024 05:34 PM	23.6
26-03-2024 05:49 PM	22.3
26-03-2024 06:04 PM	20.9
26-03-2024 06:19 PM	20.4
26-03-2024 06:34 PM	20.4
26-03-2024 06:49 PM	20.2
26-03-2024 07:05 PM	20
26-03-2024 07:20 PM	19.6
26-03-2024 07:35 PM	19.3
26-03-2024 07:50 PM	19.2
26-03-2024 08:05 PM	19.2
26-03-2024 08:20 PM	19
26-03-2024 08:36 PM	18.8
26-03-2024 08:51 PM	19.1
26-03-2024 09:06 PM	19.3
26-03-2024 09:21 PM	19.5
26-03-2024 09:36 PM	19.2
26-03-2024 09:51 PM	18.7



26-03-2024 10:07 PM	18
26-03-2024 10:22 PM	18.3
26-03-2024 10:37 PM	18.5
26-03-2024 10:52 PM	18.6
26-03-2024 11:07 PM	18.7
26-03-2024 11:22 PM	18.6
26-03-2024 11:38 PM	18.7
26-03-2024 11:53 PM	18.5
27-03-2024 12:08 AM	18.3
27-03-2024 12:23 AM	18.3
27-03-2024 12:38 AM	18.2
27-03-2024 12:53 AM	18.3
27-03-2024 01:09 AM	18.3
27-03-2024 01:24 AM	18.3
27-03-2024 01:39 AM	18
27-03-2024 01:54 AM	18
27-03-2024 02:09 AM	17.8
27-03-2024 02:24 AM	17.9
27-03-2024 02:40 AM	18
27-03-2024 02:55 AM	17.8
27-03-2024 03:10 AM	17.7
27-03-2024 03:25 AM	17.7
27-03-2024 03:40 AM	17.6
27-03-2024 03:55 AM	17.6
27-03-2024 04:11 AM	17.5
27-03-2024 04:26 AM	17.4
27-03-2024 04:41 AM	17.3
27-03-2024 04:56 AM	17.1
27-03-2024 05:11 AM	17
27-03-2024 05:26 AM	17.1
27-03-2024 05:42 AM	17.1
27-03-2024 05:57 AM	16.9
27-03-2024 06:12 AM	16.9
27-03-2024 06:27 AM	17.1
27-03-2024 06:42 AM	17.1



27-03-2024 06:57 AM	17
27-03-2024 07:13 AM	17.1
27-03-2024 07:28 AM	17.4
27-03-2024 07:43 AM	17.7
27-03-2024 07:58 AM	18.2
27-03-2024 08:13 AM	18.1
27-03-2024 08:28 AM	18.3
27-03-2024 08:44 AM	19.1
27-03-2024 08:59 AM	19.3
27-03-2024 09:14 AM	19.6
27-03-2024 09:29 AM	20
27-03-2024 09:44 AM	20.1
27-03-2024 09:59 AM	20.5
27-03-2024 10:15 AM	21
27-03-2024 10:30 AM	22
27-03-2024 10:45 AM	23.7
27-03-2024 11:00 AM	24.9
27-03-2024 11:15 AM	26.2
27-03-2024 11:30 AM	26.5
27-03-2024 11:45 AM	27.7
27-03-2024 04:34 PM	26.6
27-03-2024 04:49 PM	24.5
27-03-2024 05:04 PM	23.2
27-03-2024 05:19 PM	21.8
27-03-2024 05:35 PM	20.7
27-03-2024 05:50 PM	20
27-03-2024 06:05 PM	19.6
27-03-2024 06:20 PM	19.5
27-03-2024 06:35 PM	19.3
27-03-2024 06:50 PM	19
27-03-2024 07:06 PM	19.1
27-03-2024 07:21 PM	18.8
27-03-2024 07:36 PM	18.4
27-03-2024 07:51 PM	18
27-03-2024 08:06 PM	17.8



27-03-2024 08:21 PM	18
27-03-2024 08:37 PM	18
27-03-2024 08:52 PM	17.9
27-03-2024 09:07 PM	17.8
27-03-2024 09:22 PM	18
27-03-2024 09:37 PM	18
27-03-2024 09:52 PM	18.1
27-03-2024 10:08 PM	18.1
27-03-2024 10:23 PM	17.6
27-03-2024 10:38 PM	17.3
27-03-2024 10:53 PM	17.2
27-03-2024 11:08 PM	17.1
27-03-2024 11:23 PM	17
27-03-2024 11:39 PM	17
27-03-2024 11:54 PM	17
28-03-2024 12:09 AM	16.9
28-03-2024 12:24 AM	16.9
28-03-2024 12:39 AM	16.8
28-03-2024 12:54 AM	16.9
28-03-2024 01:10 AM	16.8
28-03-2024 01:25 AM	16.7
28-03-2024 01:40 AM	16.6
28-03-2024 01:55 AM	16.5
28-03-2024 02:10 AM	16.2
28-03-2024 02:25 AM	16
28-03-2024 02:41 AM	15.9
28-03-2024 02:56 AM	15.8
28-03-2024 03:11 AM	15.8
28-03-2024 03:26 AM	15.8
28-03-2024 03:41 AM	15.4
28-03-2024 03:56 AM	15.6
28-03-2024 04:11 AM	15.6
28-03-2024 04:27 AM	15.6
28-03-2024 04:42 AM	15.5
28-03-2024 04:57 AM	15.4



28-03-2024 05:12 AM	15.4
28-03-2024 05:27 AM	15.4
28-03-2024 05:42 AM	15.4
28-03-2024 05:58 AM	15.4
28-03-2024 06:13 AM	15.5
28-03-2024 06:28 AM	15.8
28-03-2024 06:43 AM	16.1
28-03-2024 06:58 AM	16.6
28-03-2024 07:13 AM	17.2
28-03-2024 07:29 AM	17.3
28-03-2024 07:44 AM	17.3
28-03-2024 07:59 AM	17.5
28-03-2024 08:14 AM	18.2
28-03-2024 08:29 AM	19.1
28-03-2024 08:44 AM	20.6
28-03-2024 09:00 AM	22.4
28-03-2024 09:15 AM	24.7
28-03-2024 09:30 AM	27
28-03-2024 09:45 AM	27.9
28-03-2024 10:00 AM	27.8
28-03-2024 10:15 AM	29.1
28-03-2024 12:02 PM	29.5
28-03-2024 12:17 PM	29.5
28-03-2024 12:32 PM	29.4
28-03-2024 12:47 PM	29.8
28-03-2024 01:03 PM	29.4
28-03-2024 01:18 PM	27.2
28-03-2024 01:33 PM	27.8
28-03-2024 01:48 PM	28
28-03-2024 02:03 PM	27.7
28-03-2024 02:18 PM	28.1
28-03-2024 02:34 PM	27.7
28-03-2024 02:49 PM	28
28-03-2024 03:04 PM	26.5
28-03-2024 03:19 PM	27.3



28-03-2024 03:50 PM	26.8
28-03-2024 04:05 PM	28
28-03-2024 04:35 PM	27.9
28-03-2024 04:51 PM	26
28-03-2024 05:06 PM	23.7
28-03-2024 05:21 PM	21.1
28-03-2024 05:36 PM	19.3
28-03-2024 05:51 PM	18.5
28-03-2024 06:07 PM	17.9
28-03-2024 06:22 PM	17.6
28-03-2024 06:37 PM	17.5
28-03-2024 06:52 PM	17.8
28-03-2024 07:07 PM	17.8
28-03-2024 07:22 PM	17.7
28-03-2024 07:38 PM	17.7
28-03-2024 07:53 PM	17.4
28-03-2024 08:08 PM	16.9
28-03-2024 08:23 PM	16.9
28-03-2024 08:38 PM	16.8
28-03-2024 08:53 PM	16.8
28-03-2024 09:09 PM	17.1
28-03-2024 09:24 PM	17
28-03-2024 09:39 PM	17.2
28-03-2024 09:54 PM	17.1
28-03-2024 10:09 PM	17
28-03-2024 10:24 PM	17
28-03-2024 10:40 PM	17.1
28-03-2024 10:55 PM	17.1
28-03-2024 11:10 PM	17
28-03-2024 11:25 PM	16.9
28-03-2024 11:40 PM	16.8
28-03-2024 11:55 PM	16.8
29-03-2024 12:11 AM	16.6
29-03-2024 12:26 AM	16.6
29-03-2024 12:41 AM	16.5



29-03-2024 12:56 AM	16.4
29-03-2024 01:11 AM	16.3
29-03-2024 01:26 AM	16.2
29-03-2024 01:42 AM	16.2
29-03-2024 01:57 AM	16.1
29-03-2024 02:12 AM	16.2
29-03-2024 02:27 AM	16
29-03-2024 02:42 AM	16.1
29-03-2024 02:57 AM	16
29-03-2024 03:12 AM	16
29-03-2024 03:28 AM	16
29-03-2024 03:43 AM	15.9
29-03-2024 03:58 AM	15.9
29-03-2024 04:13 AM	15.8
29-03-2024 04:28 AM	15.8
29-03-2024 04:43 AM	15.6
29-03-2024 04:59 AM	15.7
29-03-2024 05:14 AM	15.8
29-03-2024 05:29 AM	15.6
29-03-2024 05:44 AM	15.5
29-03-2024 05:59 AM	15.6
29-03-2024 06:14 AM	15.6
29-03-2024 06:30 AM	15.6
29-03-2024 06:45 AM	15.3
29-03-2024 07:00 AM	15.4
29-03-2024 07:15 AM	15.4
29-03-2024 07:30 AM	15.8
29-03-2024 07:45 AM	16.6
29-03-2024 08:01 AM	17.4
29-03-2024 08:16 AM	18.7
29-03-2024 08:31 AM	18.7
29-03-2024 08:46 AM	19.4
29-03-2024 09:01 AM	20.6
29-03-2024 09:16 AM	21.4
29-03-2024 09:32 AM	22.1



29-03-2024 09:47 AM	21.8
29-03-2024 10:02 AM	22
29-03-2024 10:17 AM	22.4
29-03-2024 10:32 AM	21.5
29-03-2024 10:47 AM	22.2
29-03-2024 11:03 AM	23.9
29-03-2024 11:33 AM	29.1
29-03-2024 11:48 AM	26.6
30-03-2024 09:26 AM	28.6
30-03-2024 04:47 PM	29.1
30-03-2024 05:02 PM	27.6
30-03-2024 05:18 PM	26.1
30-03-2024 05:33 PM	23.5
30-03-2024 05:48 PM	21.5
30-03-2024 06:03 PM	20.7
30-03-2024 06:18 PM	20.1
30-03-2024 06:34 PM	19.7
30-03-2024 06:49 PM	19.5
30-03-2024 07:04 PM	19.1
30-03-2024 07:19 PM	19
30-03-2024 07:35 PM	18.7
30-03-2024 07:50 PM	19
30-03-2024 08:05 PM	19.1
30-03-2024 08:20 PM	19.1
30-03-2024 08:35 PM	18.8
30-03-2024 08:51 PM	18.3
30-03-2024 09:06 PM	18
30-03-2024 09:21 PM	17.9
30-03-2024 09:36 PM	18
30-03-2024 09:51 PM	17.8
30-03-2024 10:07 PM	17.3
30-03-2024 10:22 PM	17.3
30-03-2024 10:37 PM	17.8
30-03-2024 10:52 PM	17.7
30-03-2024 11:08 PM	17.4



30-03-2024 11:23 PM	17.3
30-03-2024 11:38 PM	17.5
30-03-2024 11:53 PM	17.6
31-03-2024 12:08 AM	17.8
31-03-2024 12:24 AM	17.8
31-03-2024 12:39 AM	17.3
31-03-2024 12:54 AM	17.2
31-03-2024 01:09 AM	17.2
31-03-2024 01:24 AM	17.3
31-03-2024 01:40 AM	17.2
31-03-2024 01:55 AM	17.2
31-03-2024 02:10 AM	17.1
31-03-2024 02:25 AM	16.9
31-03-2024 02:41 AM	16.8
31-03-2024 02:56 AM	16.9
31-03-2024 03:11 AM	17
31-03-2024 03:26 AM	17
31-03-2024 03:41 AM	17
31-03-2024 03:57 AM	17
31-03-2024 04:12 AM	16.6
31-03-2024 04:27 AM	16.6
31-03-2024 04:42 AM	16.7
31-03-2024 04:57 AM	16.7
31-03-2024 05:13 AM	16.8
31-03-2024 05:28 AM	16.8
31-03-2024 05:43 AM	16.7
31-03-2024 05:58 AM	16.2
31-03-2024 06:14 AM	16.2
31-03-2024 06:29 AM	16.4
31-03-2024 06:44 AM	16.7
31-03-2024 06:59 AM	17.2
31-03-2024 07:14 AM	17.7
31-03-2024 07:30 AM	18.4
31-03-2024 07:45 AM	19.2
31-03-2024 08:00 AM	21



31-03-2024 08:15 AM	22.8
31-03-2024 08:30 AM	26.2
31-03-2024 08:46 AM	26.6
31-03-2024 09:01 AM	26.3
31-03-2024 09:16 AM	27.8
31-03-2024 09:31 AM	27.5
31-03-2024 09:47 AM	26.7
31-03-2024 10:02 AM	25.6
31-03-2024 10:17 AM	26.1
31-03-2024 10:32 AM	27
31-03-2024 10:47 AM	27.7
31-03-2024 11:03 AM	28.7
31-03-2024 11:18 AM	29.7
31-03-2024 11:33 AM	28.5
31-03-2024 11:48 AM	28.6
31-03-2024 12:03 PM	26.6
31-03-2024 12:19 PM	26
31-03-2024 12:34 PM	28.8
31-03-2024 02:05 PM	29.8
31-03-2024 02:36 PM	29.4
31-03-2024 02:52 PM	26.8
31-03-2024 03:07 PM	28.6
31-03-2024 04:38 PM	29.1
31-03-2024 04:54 PM	24.7
31-03-2024 05:09 PM	22.8
31-03-2024 05:24 PM	21.7
31-03-2024 05:39 PM	21.1
31-03-2024 05:54 PM	20.5
31-03-2024 06:10 PM	19.9
31-03-2024 06:25 PM	18.9
31-03-2024 06:40 PM	18.3
31-03-2024 06:55 PM	17.9
31-03-2024 07:11 PM	17.8
31-03-2024 07:26 PM	17.8
31-03-2024 07:41 PM	17.8



31-03-2024 07:56 PM	17.7
31-03-2024 08:11 PM	17.7
31-03-2024 08:27 PM	17.7
31-03-2024 08:42 PM	17.7
31-03-2024 08:57 PM	17.5
31-03-2024 09:12 PM	17.4
31-03-2024 09:27 PM	17.4
31-03-2024 09:43 PM	17.4
31-03-2024 09:58 PM	17.5
31-03-2024 10:13 PM	17.3
31-03-2024 10:28 PM	17.4
31-03-2024 10:44 PM	17.3
31-03-2024 10:59 PM	17.2
31-03-2024 11:14 PM	17.1
31-03-2024 11:29 PM	16.8
31-03-2024 11:44 PM	16.7



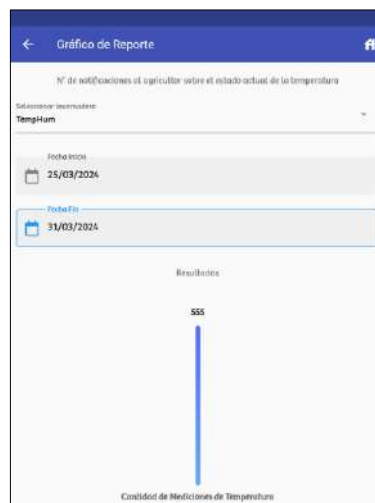
**Anexo 04. Cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura**

Para el análisis de la cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura, se observó cada día de manera intercalada por 1 semana de forma manual por parte del agricultor. En la siguiente tabla se muestra la lista por 1 semana con sus respectivas cantidades de mediciones que realizó el agricultor.

**Tabla 92 — Cantidad de mediciones realizadas por el agricultor**

Número de Día	Cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura sin el sistema automatizado
1	2
2	0
3	2
4	0
5	2
6	0
7	2
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.14</b>
<b>SUMA</b>	<b>8</b>

En la verificación de cantidad de veces que el agricultor tiene que ir a medir la temperatura usando el sistema automatizado, se observó cada día por 1 semana, obtenido 555 mediciones de la temperatura en un intervalo de 10 minutos, de esta manera el agricultor solo necesita realizar una medición por semana, debido a que las mediciones se realizan de manera automatizada verificándose en la aplicación web o móvil, así como se muestra en la siguiente imagen:



**Figura 55 — Mediciones de temperatura con la aplicación móvil**



### Anexo 05. Cuestionario CSUQ y sus resultados

#### A) Usabilidad de la aplicación web

### CUESTIONARIO CSUQ - APLICACIÓN WEB DE CONTROL DE TEMPERATURA

El presente cuestionario tiene el propósito de recopilar información sobre la satisfacción del usuario en cuanto a la aplicación web desarrollada.

Solicito a usted, brindar una información veraz y sincera. Por su valiosa colaboración, se le agradece.

La información brindada será tratada de forma confidencial.

111156@unamba.edu.pe [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

\*Indica que la pregunta es obligatoria

Nombre completo \*

Tu respuesta

Profesión \*

Tu respuesta

1. En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar este sistema: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

2. Es sencillo utilizar este sistema: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

3. Puedo completar mi trabajo de manera efectiva usando este sistema: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

4. Puedo completar mi trabajo rápidamente usando este sistema: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

5. Puedo completar mi trabajo de manera eficiente usando este sistema: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

6. Me siento cómodo usando este sistema: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

7. Fue fácil aprender a usar este sistema: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

8. Creo que me volví productivo rápidamente usando este sistema: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

9. El sistema da mensajes de error que me indican claramente cómo solucionar los problemas: \*

1 2 3 4 5 6 7

En desacuerdo        De acuerdo

Figura 56 — Cuestionario de usabilidad de la aplicación web - 1



**Figura 57 — Cuestionario de usabilidad de la aplicación web - 2**

**B) Resultados de la usabilidad de la aplicación web**

Nro de usuario	Nombre completo	USABILIDAD DE LA APLICACIÓN WEB																		
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19
1	Sergio Ochoa	6	6	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	7	7	7	7	
2	Katherina Huaracco	6	7	6	6	7	6	7	7	7	7	6	7	6	6	6	5	5	5	
3	Cielo Huamani	7	6	6	5	6	6	6	5	5	5	7	5	5	6	6	7	7	6	
4	Milagros Villafuerte	7	7	6	7	6	7	7	6	5	6	6	7	6	7	7	7	6	7	
5	Wilner Chirinos	7	7	6	6	6	7	7	6	7	6	7	6	6	7	6	7	6	7	
6	Moises Jimenez	5	6	5	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	6	
7	Fany Achulli	5	7	7	7	7	7	7	6	6	7	7	7	7	6	7	6	6	7	
8	Maxwell Paniagua	5	5	6	6	6	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	5	5	
9	Jenny Sota	5	2	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
10	Reyna Vargas	4	4	4	5	4	4	6	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	
11	Jose Mendoza	6	7	7	7	6	6	7	6	6	5	6	7	7	7	6	6	6	6	
12	Luis Leon	7	7	7	6	7	7	6	6	7	7	7	6	7	6	6	7	7	7	
13	Luis Vallejo	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
14	Manuel Malaver	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	7	7	
15	Juan Guzmán	6	7	6	7	7	6	6	6	7	6	6	6	7	6	6	7	7	7	
PROMEDIO		5.93	6.13	6.07	6.20	6.20	6.20	6.27	5.87	5.93	5.93	6.13	6.00	6.00	6.33	5.93	6.13	6.07	5.93	
Suma de promedio																			115.53	
Porcentaje de aceptación																			86.86	

**Figura 58 — Resultados de la usabilidad de la aplicación web**



## Anexo 06. Interfaces del sistema automatizado

### A) Germinación

#### Proceso

- Zarandear la arena fina y fibra de coco
- Mezclar 50% de arena fina y fibra de coco
- Humedecer
- Poner en el almacigo y compactar un poco, no tan fuerte
- Realizar agujeros en la parte del centro 1cm, podemos utilizar un lapicero
- Poner las semillas de tomate en los agujeros
- Cubrir los agujeros con la mezcla húmeda de arena fina y fibra de coco
- Tapar con plástico el almacigo

#### Mantenimiento

- 1 vez al día regar (Si se puede 2 veces al día)
- 1 semana de agua
- 2 semana 50% agua y 50% nutrientes
- De 5 a 7 días quitar el plástico, cuando ya germino las semillas de tomate
- 3 o 4 semanas realizar el trasplante a las bolsas de 5x7.5



Figura 59 — Germinación

## B) Solución Nutritiva

### Proceso de Solución Concentrada A para 200L

- Aplicar **A1**; en 0.6 litros de agua agitar bien hasta disolver totalmente
- Agregar **A2**; agitar hasta disolver totalmente
- Agregar **A3**; agitar hasta disolver totalmente
- Una vez que los tres (3) fertilizantes se tengan disueltos agregar agua hasta completar 1 litros

El volumen final de 1000mL o UNO (1) litro.

### Proceso de Solución Concentrada B para 200L

- Aplicar **B1**; en recipiente con 0.6 litros de agua hasta disolver totalmente
- Agregar **B2**; agitar hasta disolver totalmente
- Agregar **B3**; agitar hasta disolver totalmente
- Ahora en otro recipiente echar 0.1 litros con agua destilada o hervida disolver el **B4** “Micronutrientes”, luego juntar ambos y agregar agua hasta completar 1 litro

El volumen final de 1000mL o UNO (1) litro.

### Uso de la Solución Nutritiva Madre

- Para preparar cada litro de SN, añadir 5 mL A y 5 mL B
- En sistemas hidropónicos funcionales, agregar lo requerido



Figura 60 — Solución nutritiva

## C) Invernadero

### Materiales

- Thinner 1L, discos de corte 4 ½ de metal, electrodo punto azul 1K, tubo recto 40x60x1.5, tubo recto 1x1x1.2, tubo recto ¾ x 1.5, pintura roja oxido ½ galón, plástico agrofilm, malla antiafida, varillas de madera, 100 UND de autopercutor, taladro percutor, máquina de soldar.

### Proceso

- Pintar los fierros con pintura roja oxido
- Realizar los cortes a los fierros para el techo con las medidas de 4.70 x 4.10
- Realizar los cortes a los fierros para el arco con las medidas de 42.2m
- Soldar la base del invernadero
- Soldar el cuerpo del invernadero
- Soldar el techo del invernadero
- Realizar un tejido en el techo con cable para que no se hunda con la lluvia
- Cubrir el techo con plástico agrofilm
- Realizar el corte en los bordes del techo para perforar y engrampar, estirando fuerte para que este recto el plástico
- Cubrir todo el cuerpo del invernadero con plástico agrofilm
- Realizar la puerta con plástico agrofilm
- Poner la malla antiafida para el ingreso de la ventilación



Figura 61 — Invernadero

#### D) Sensores de temperatura

La siguiente figura se muestra los diferentes sensores de temperatura que se tiene en el mercado como: DHT11, DHT22, LM35, LM335, DS18B20 y TMP36 que serán evaluados con diferentes librerías y calibrados en la mañana, tarde y noche; posteriormente realizar una elección para la investigación.

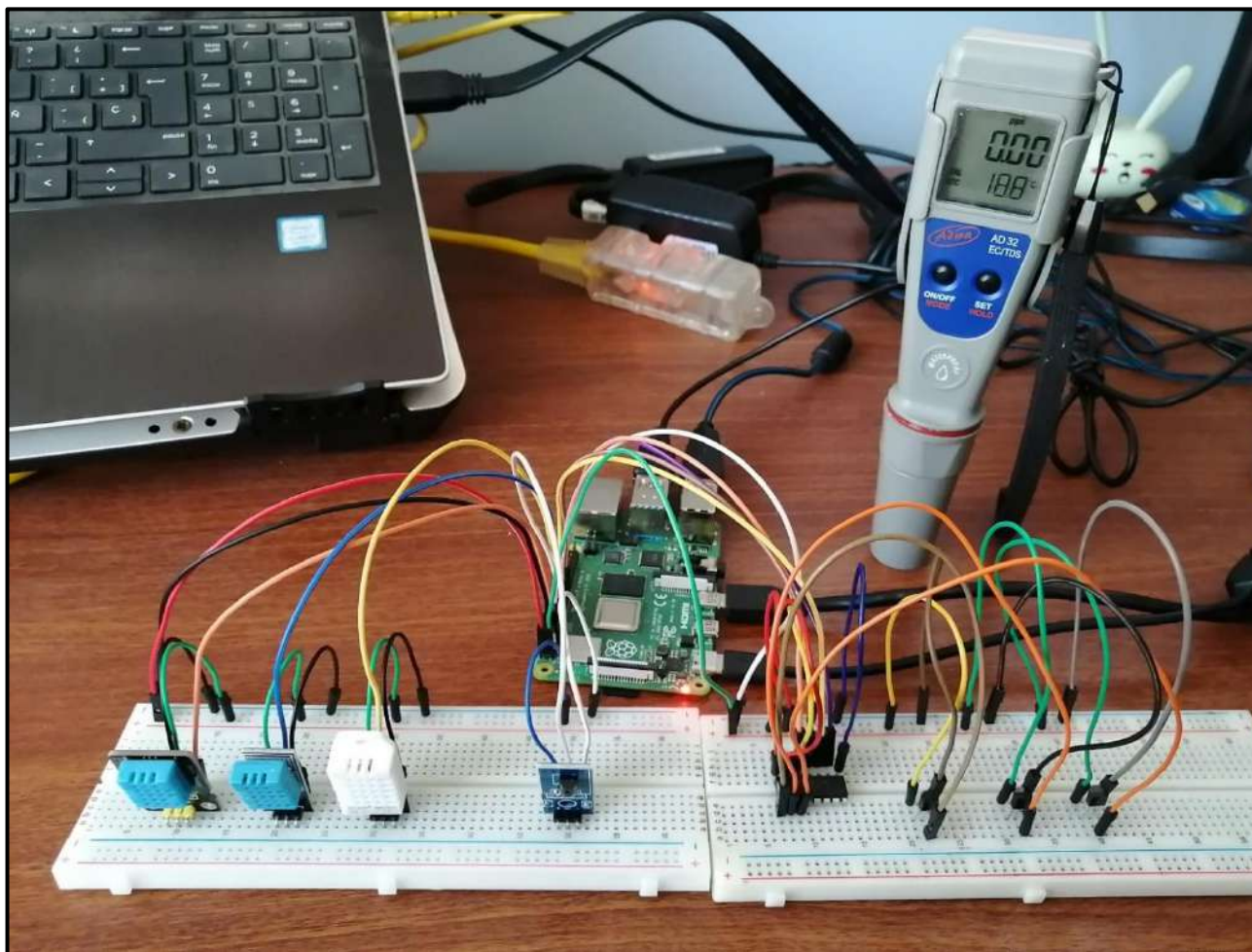


Figura 62 — Sensores de temperatura

### E) Sistema Automatizado



Figura 63 — Sistema automatizado

## F) Domoticz

En la siguiente figura se muestra a Domoticz que es un sistema domótico que le permite supervisar y configurar dispositivos como: sensor de pH, sensor de CE, sensor de temperatura de agua, sensor de temperatura ambiente, humedad relativa y muchos más.

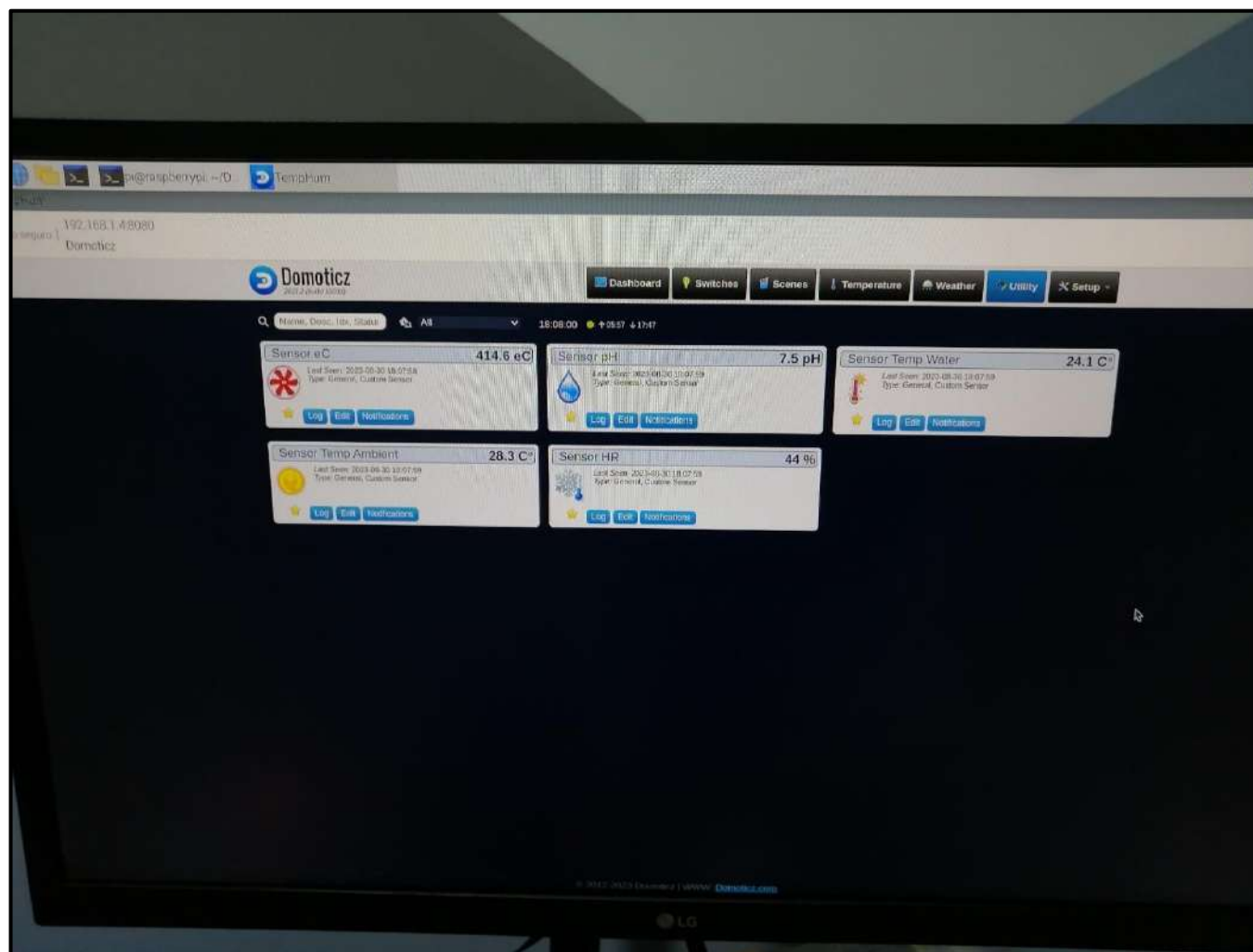


Figura 64 — Domoticz

### G) Bot Telegram

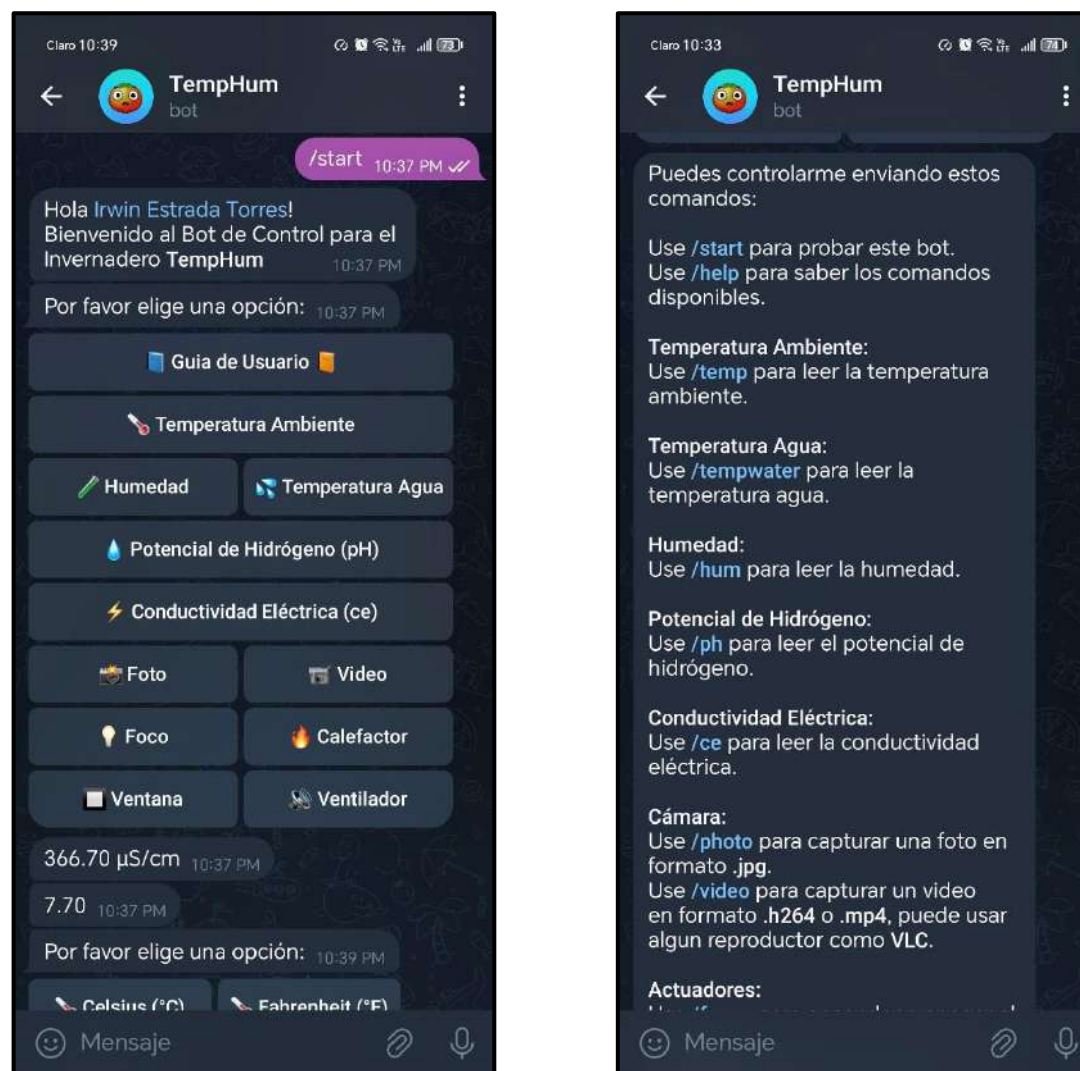


Figura 65 — Bot Telegram

## Anexo 07. Interfaces de la aplicación web y móvil

### A) Acceso al sistema

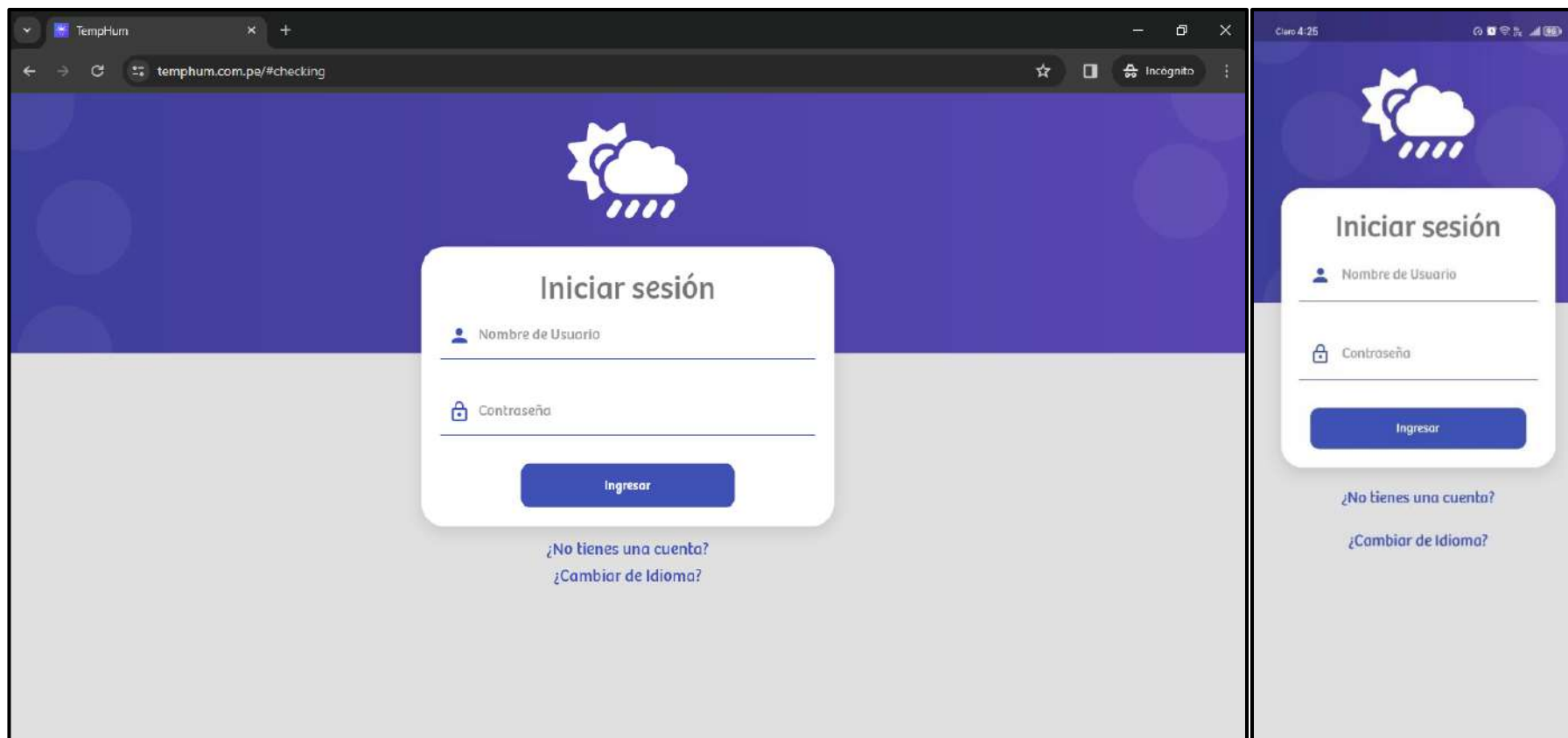
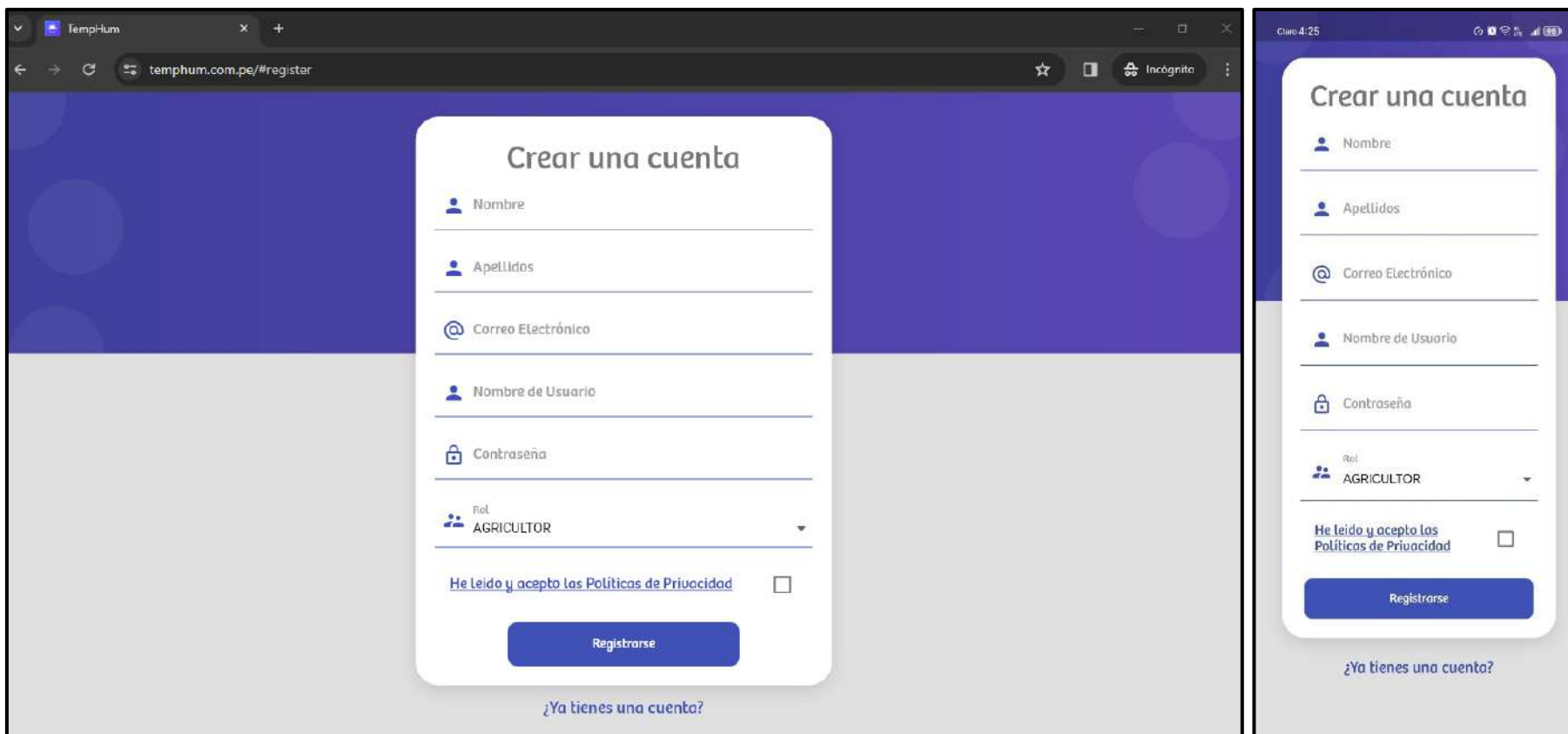


Figura 66 — Acceso al sistema

259 -

**B) Crear una cuenta**



**Figura 67 — Crear una cuenta**

### C) Panel de control

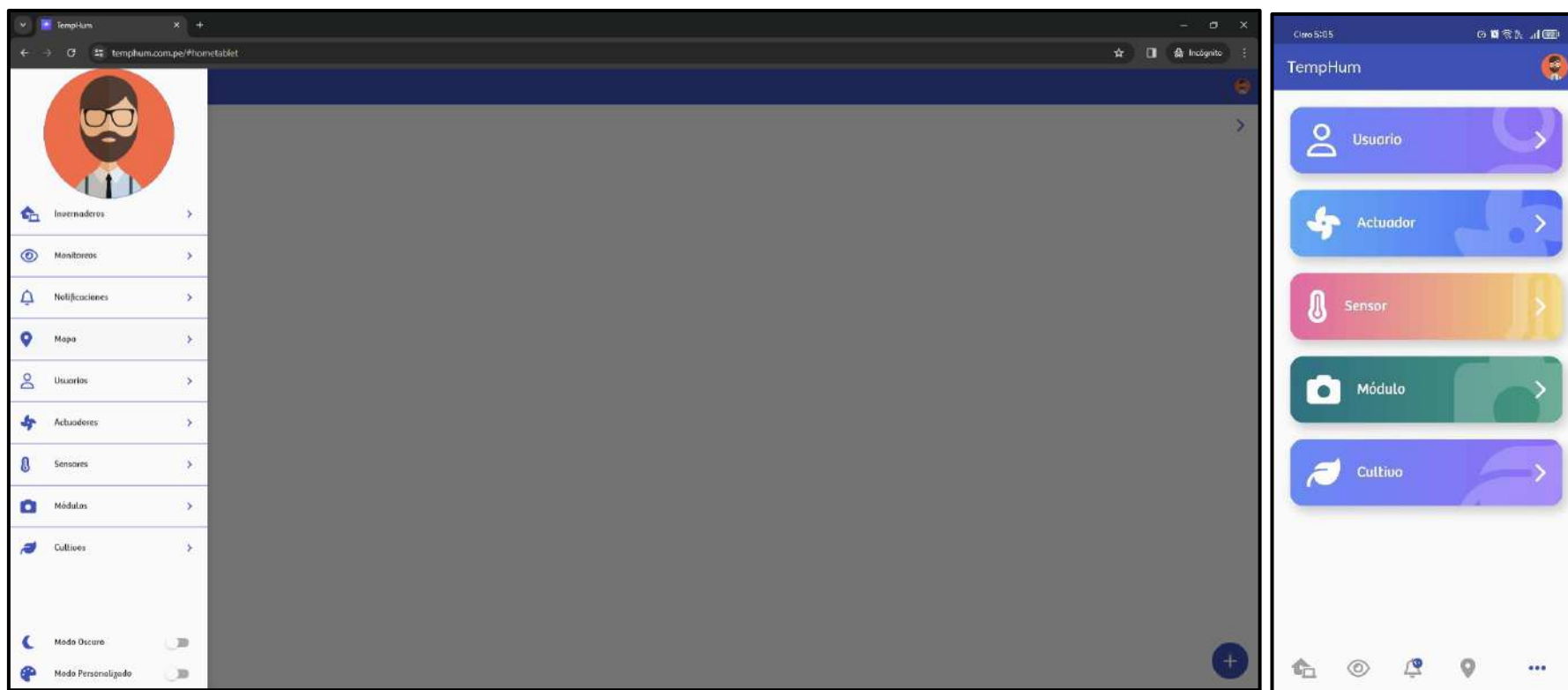


Figura 68 — Panel de control

### D) Módulo de mantenimientos generales

#### Registrar usuario

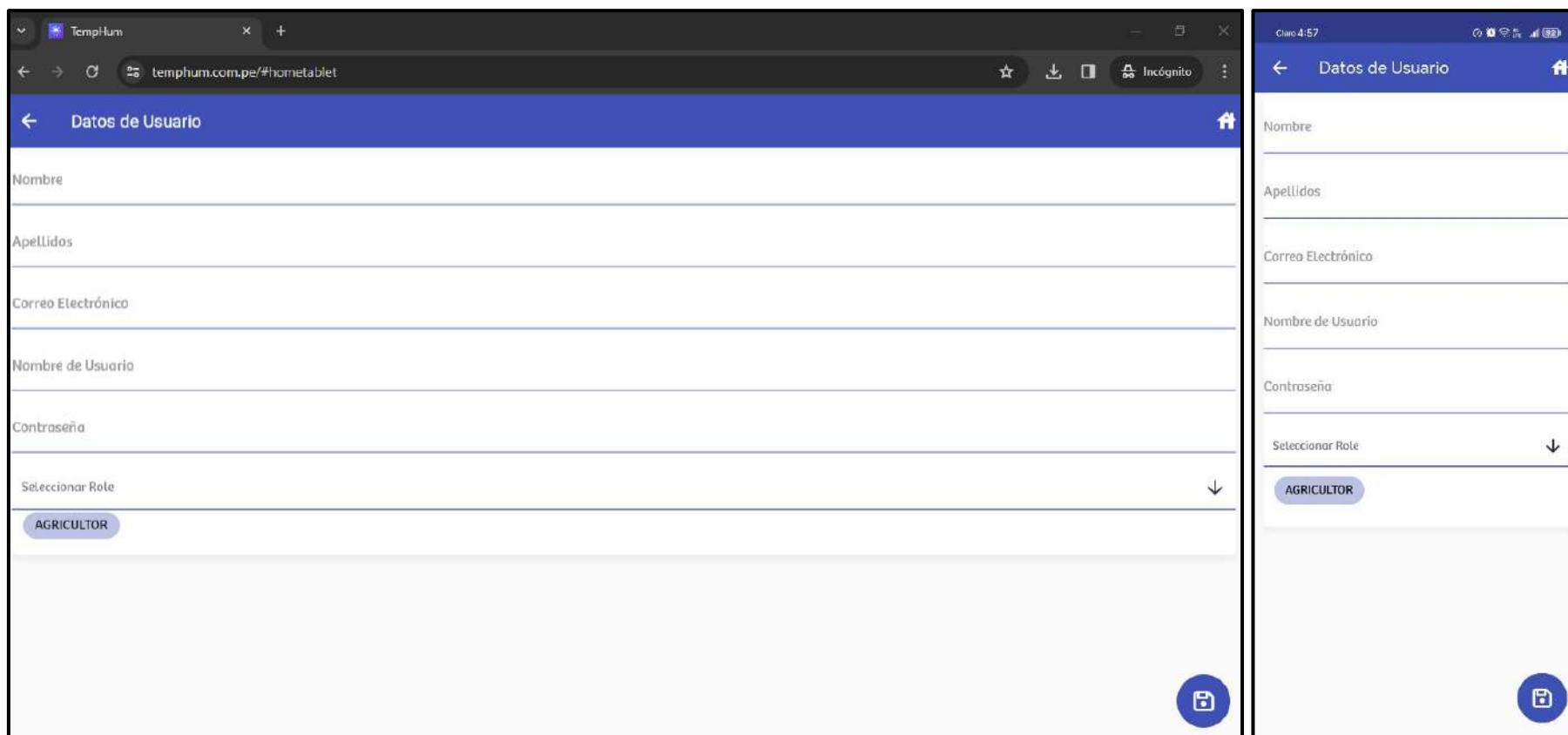


Figura 69 — Registrar usuario

### Listar usuarios

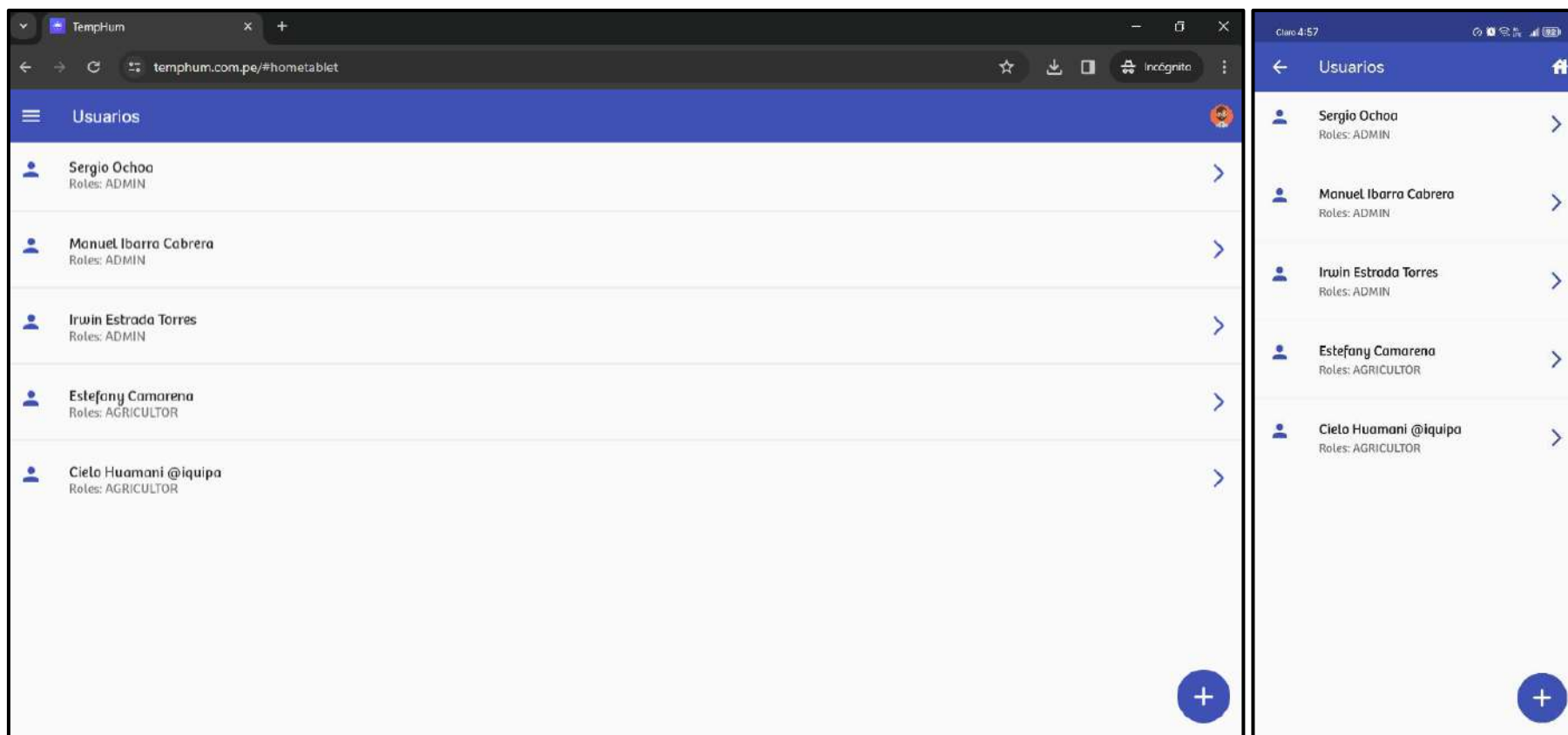


Figura 70 — Listar usuarios

### Registrar actuador

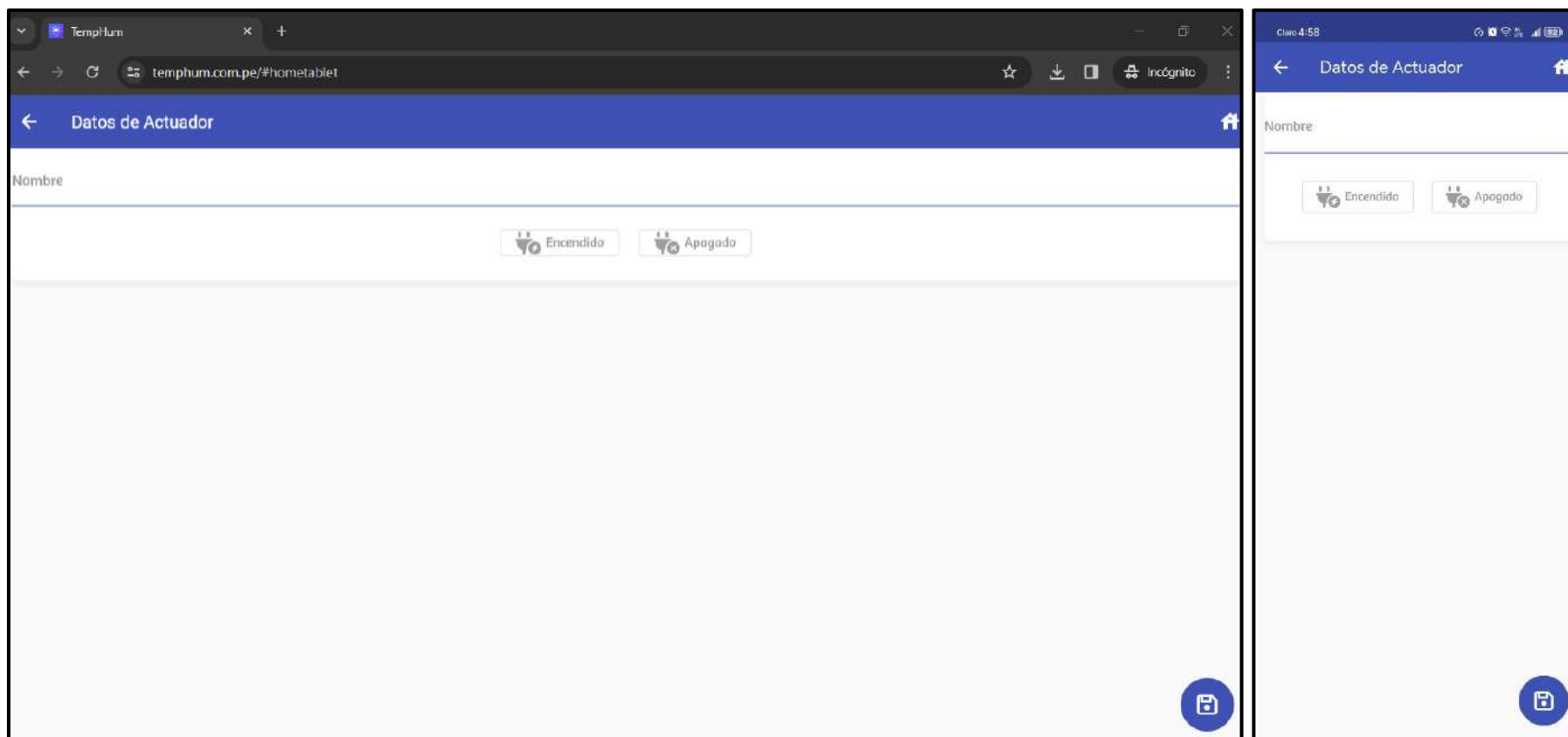


Figura 71 — Registrar actuador

### Listar actuadores

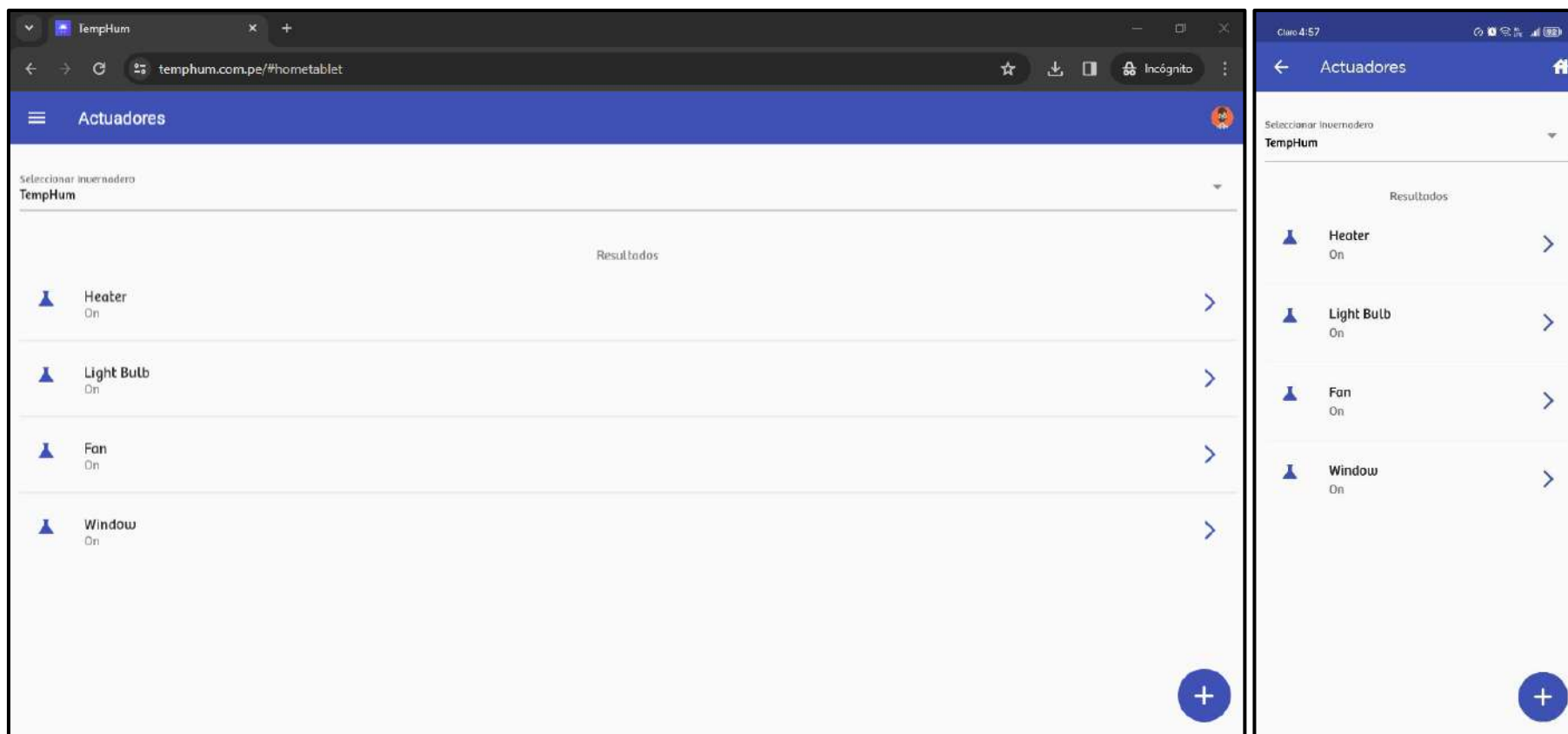


Figura 72 — Listar actuadores

## Registrar sensor

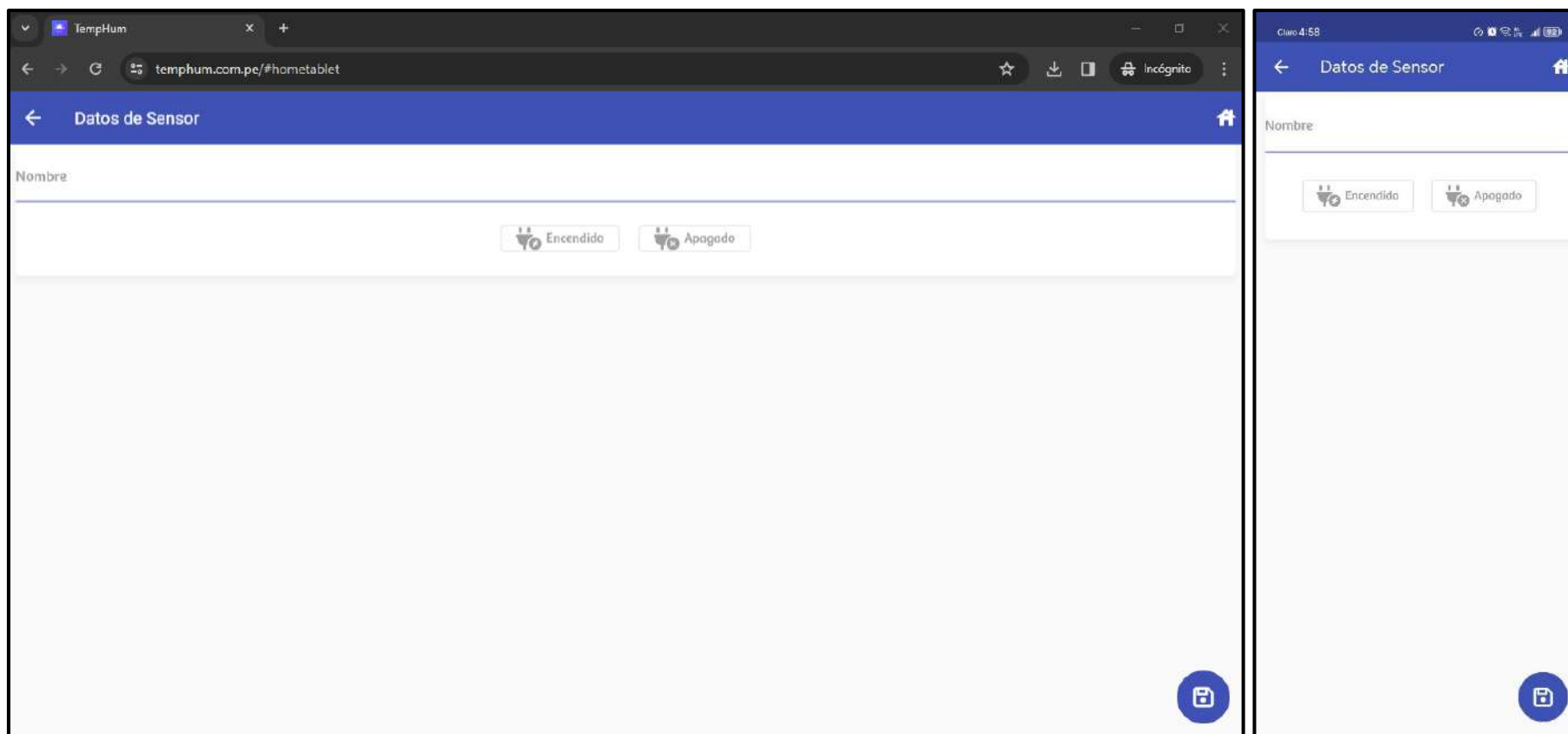


Figura 73 — Registrar sensor

### Listar sensores

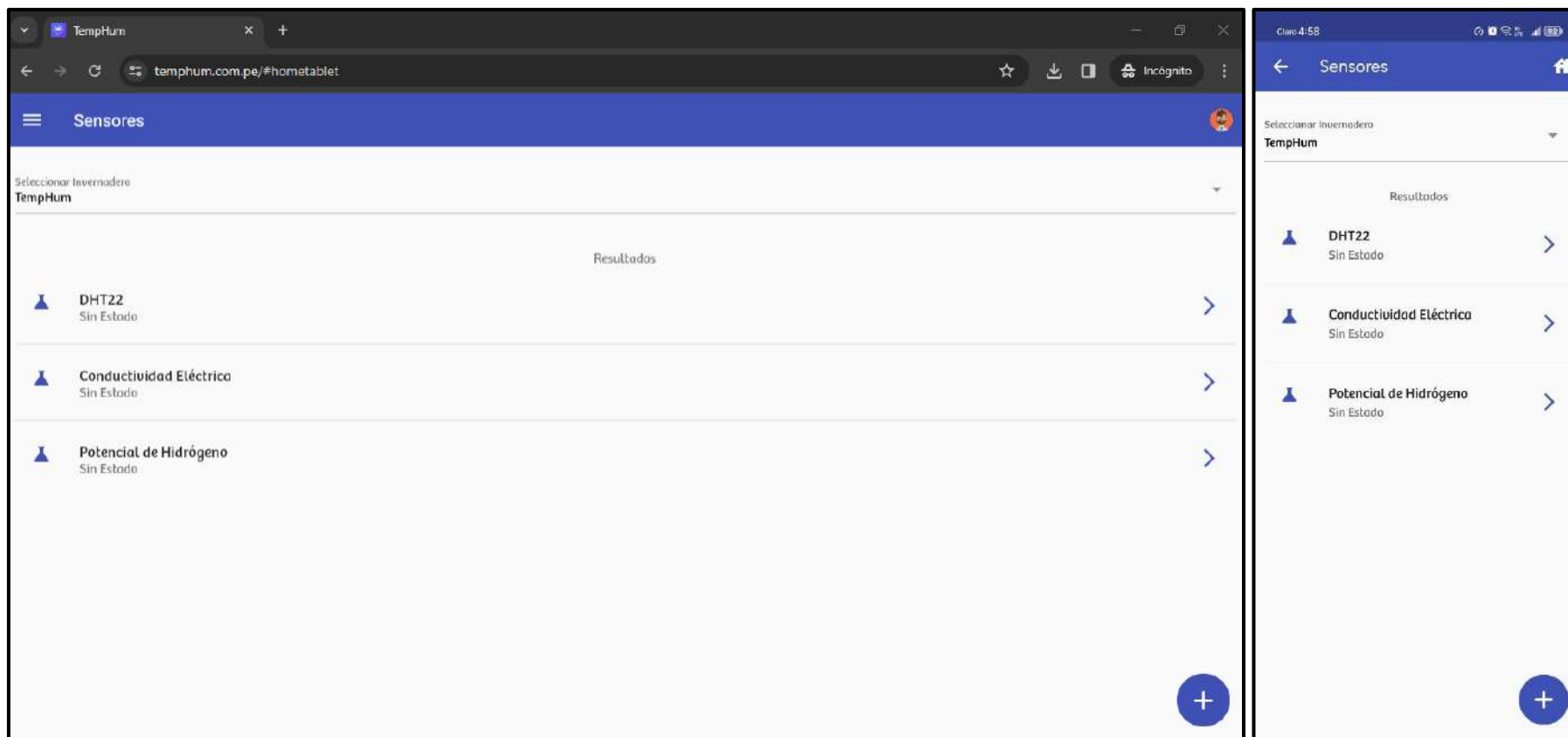


Figura 74 — Listar sensores

## Registrar módulo

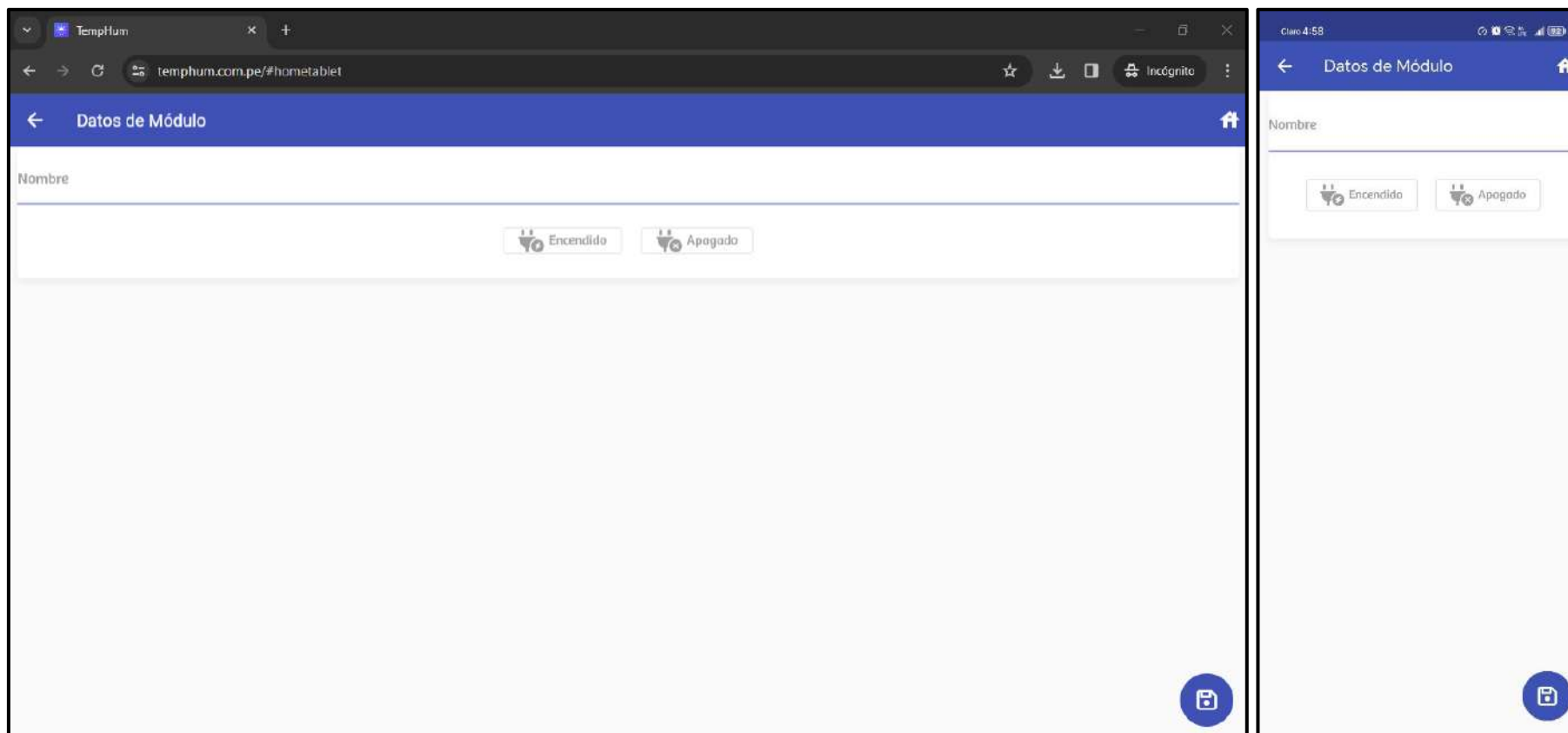


Figura 75 — Registrar módulo

## Listar módulos

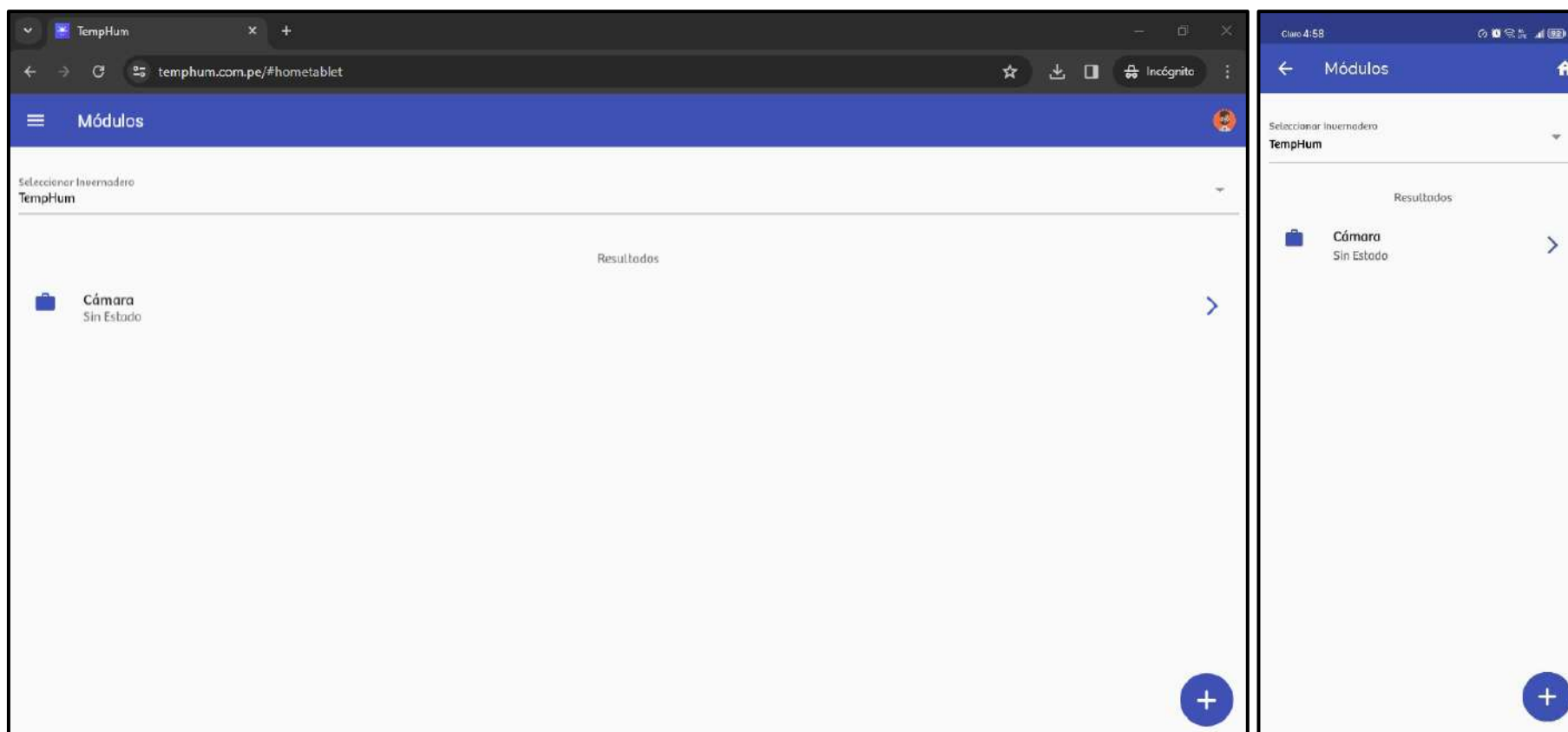


Figura 76 — Listar módulos

## Registrar cultivo

The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application interface for registering crop data. The left screenshot shows a desktop browser view of the 'Datos de Cultivo' form, and the right screenshot shows the mobile app view of the same form.

**Desktop View (Left):**

- Browser: TempHum, URL: temphum.com.pe/#hometablet
- Page Title: Datos de Cultivo
- Form Fields:
  - Nombre: [Empty text input]
  - Parámetros Temperatura:
    - Temperatura Ambiente Mínimo: 0
    - Temperatura Ambiente Máximo: 0
    - Temperatura Agua Mínimo: 0
    - Temperatura Agua Máximo: 0
  - Parámetros Humedad Relativa:
    - Humedad Relativa Mínimo: 0
    - Humedad Relativa Máximo: 0
- Save button: [Blue circular icon with a document symbol]

**Mobile View (Right):**

- Page Title: Datos de Cultivo
- Form Fields:
  - Nombre: [Empty text input]
  - Parámetros Temperatura:
    - Temperatura Ambiente Mínimo: 0.0
    - Temperatura Ambiente Máximo: 0.0
    - Temperatura Agua Mínimo: 0.0
    - Temperatura Agua Máximo: 0.0
  - Parámetros Humedad Relativa:
    - Humedad Relativa Mínimo: 0.0
    - Humedad Relativa Máximo: 0.0
  - Parámetros Potencial Hidrogeno:
    - Potencial Hidrogeno Mínimo: 0.0
- Save button: [Blue circular icon with a document symbol]

Figura 77 — Registrar cultivo

### Listar cultivos

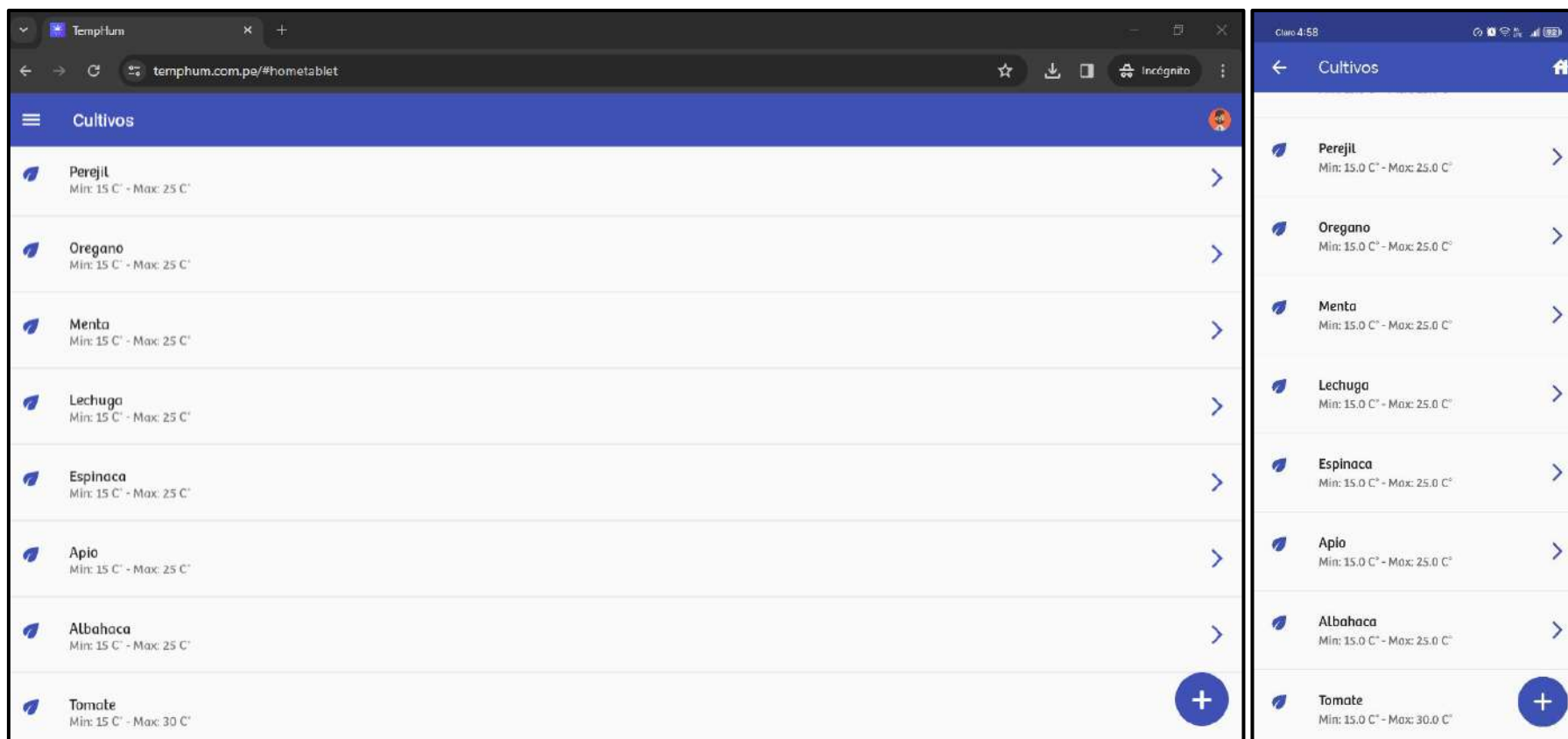


Figura 78 — Listar cultivos

## Perfil del usuario

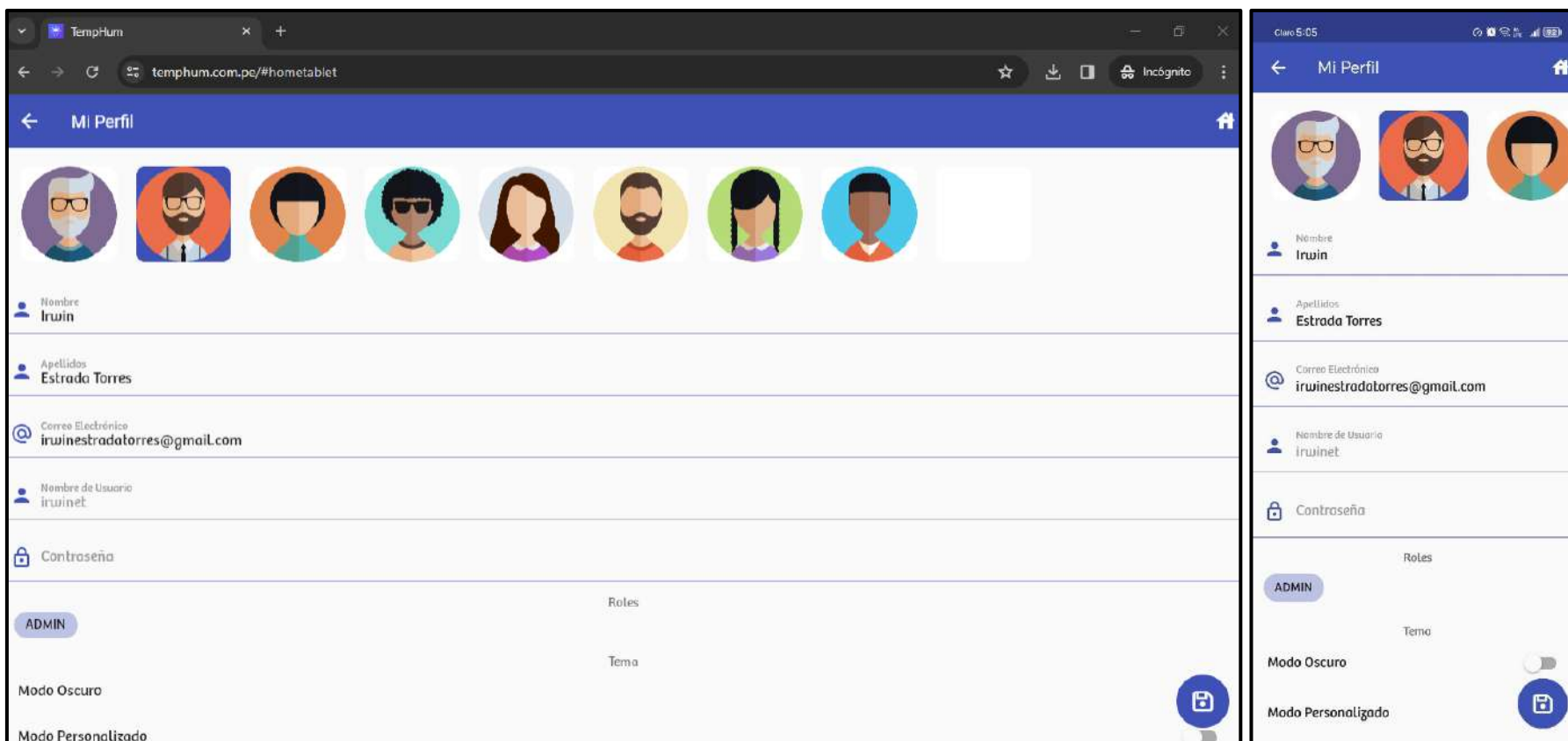


Figura 79 — Perfil del usuario

### E) Módulo de invernadero

Registrar invernadero

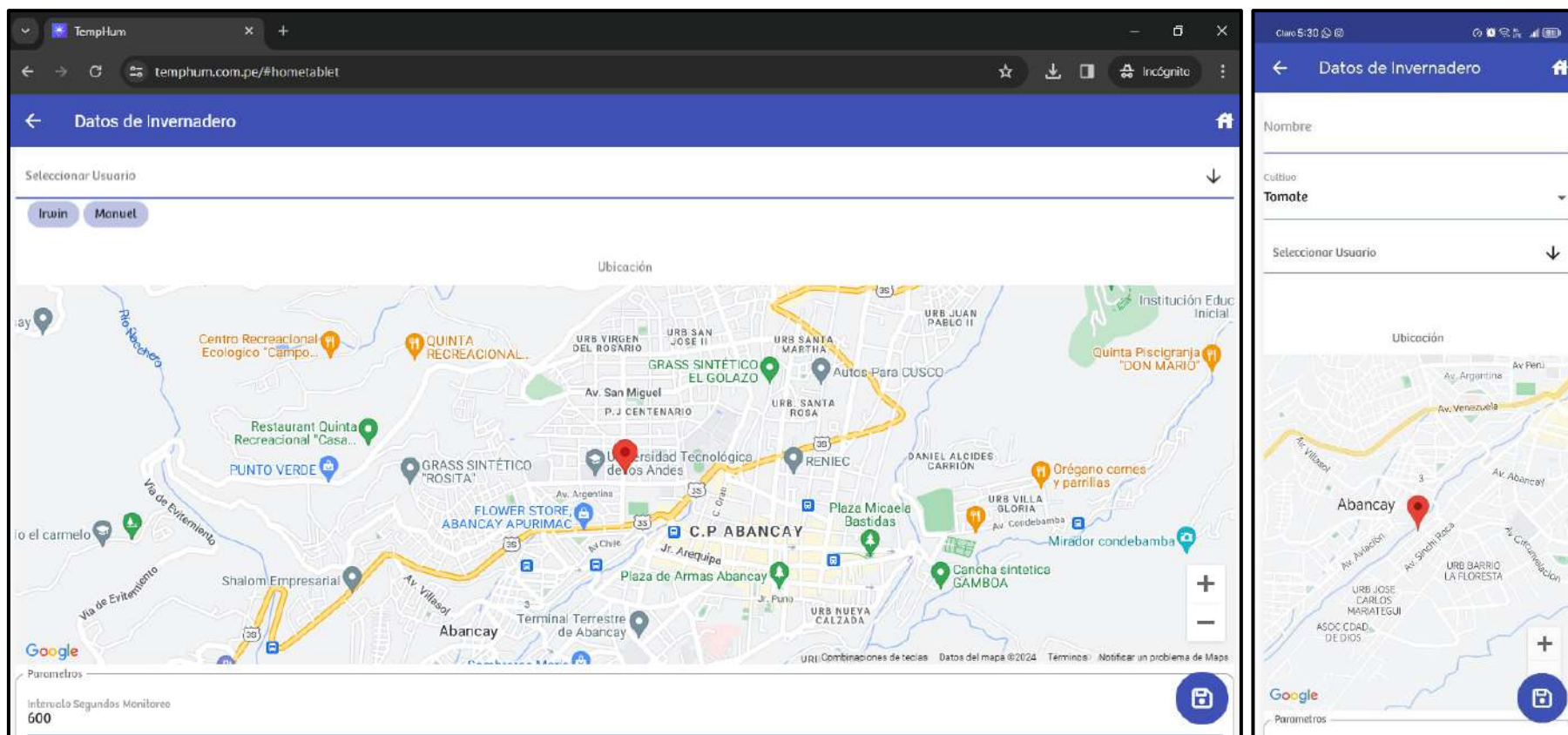


Figura 80 — Registrar invernadero

## Listar invernaderos

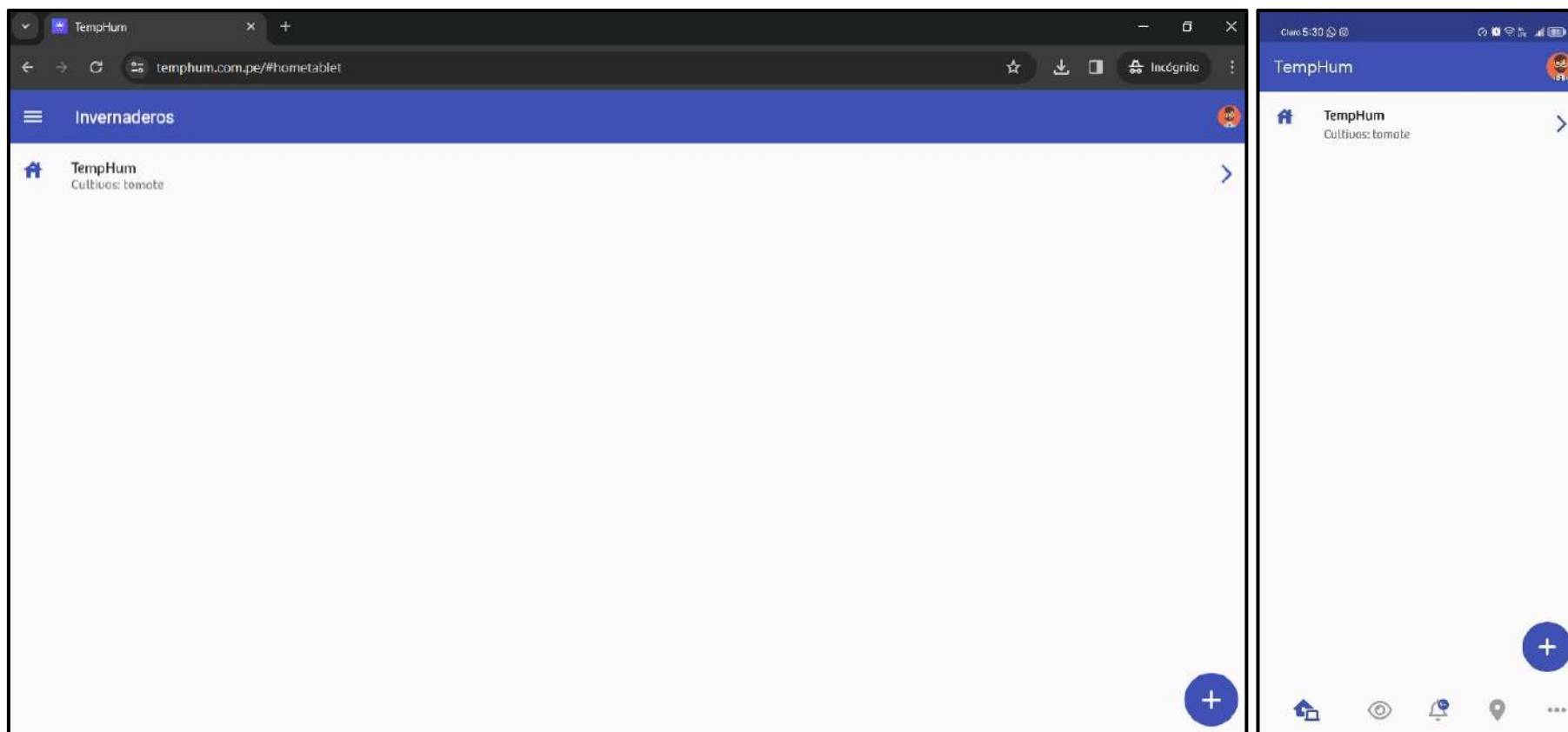


Figura 81 — Listar invernaderos

### F) Módulo de notificación

Listar periodos

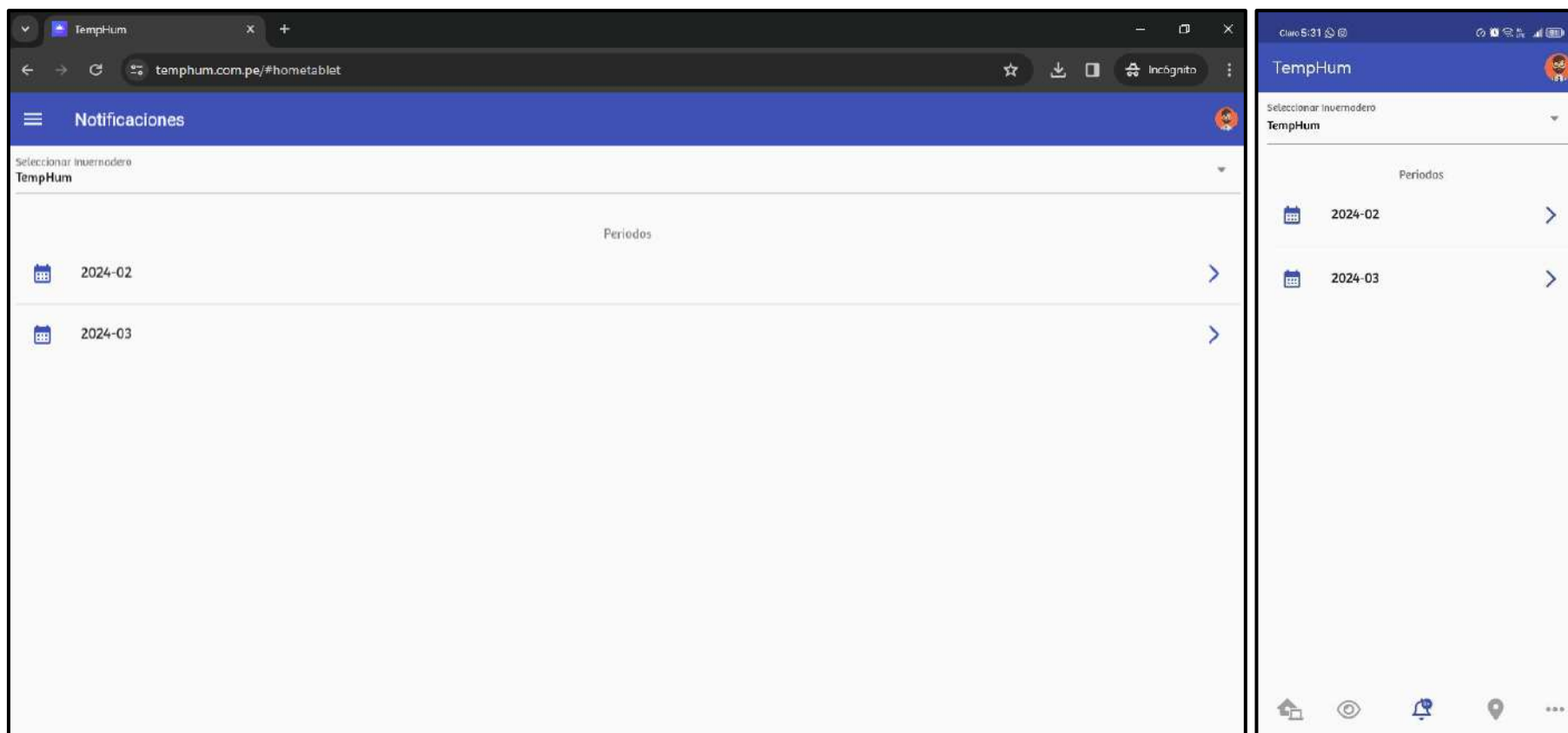


Figura 82 — Listar periodos

### Listar notificaciones

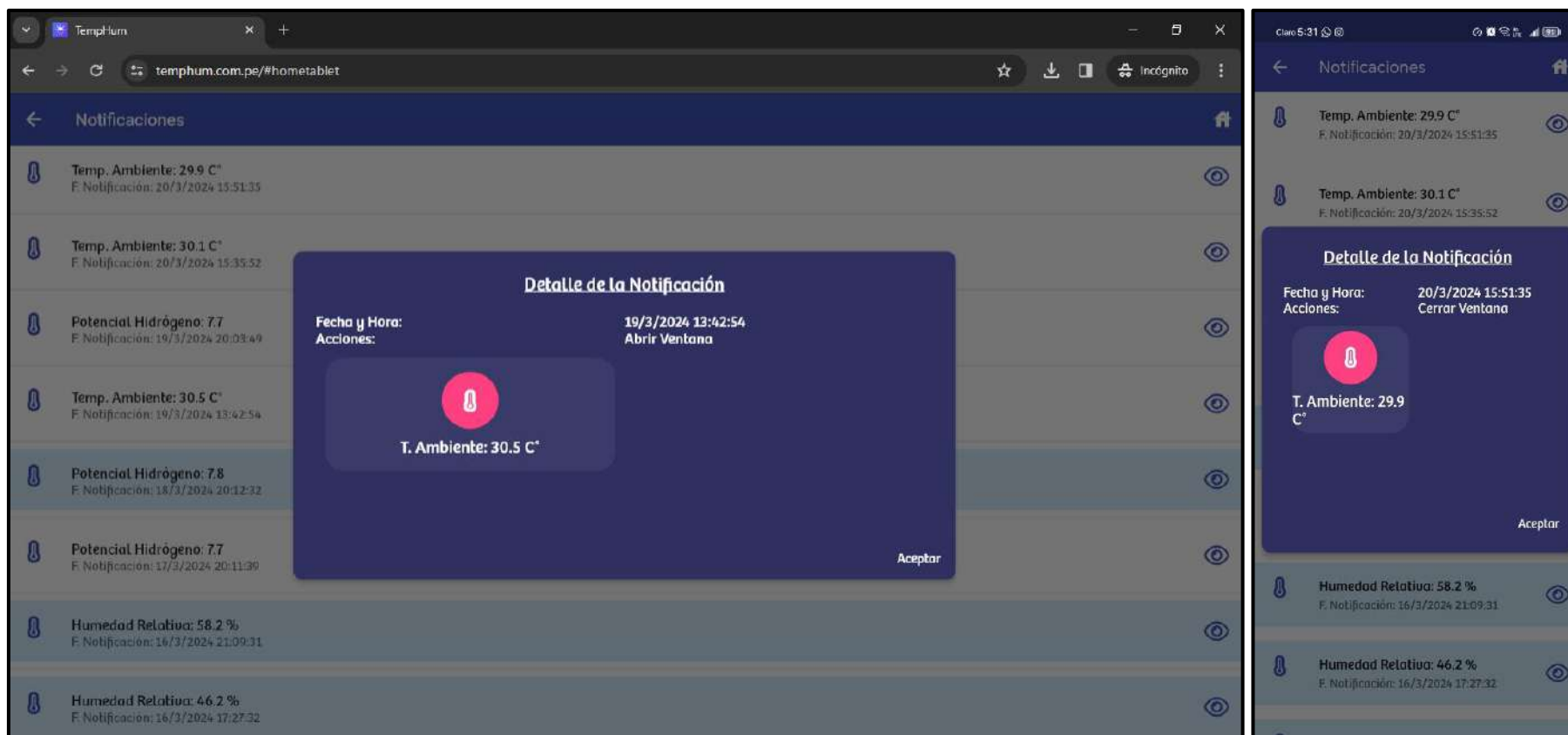


Figura 83 — Listar notificaciones

### G) Módulo de monitoreo

Listar periodos

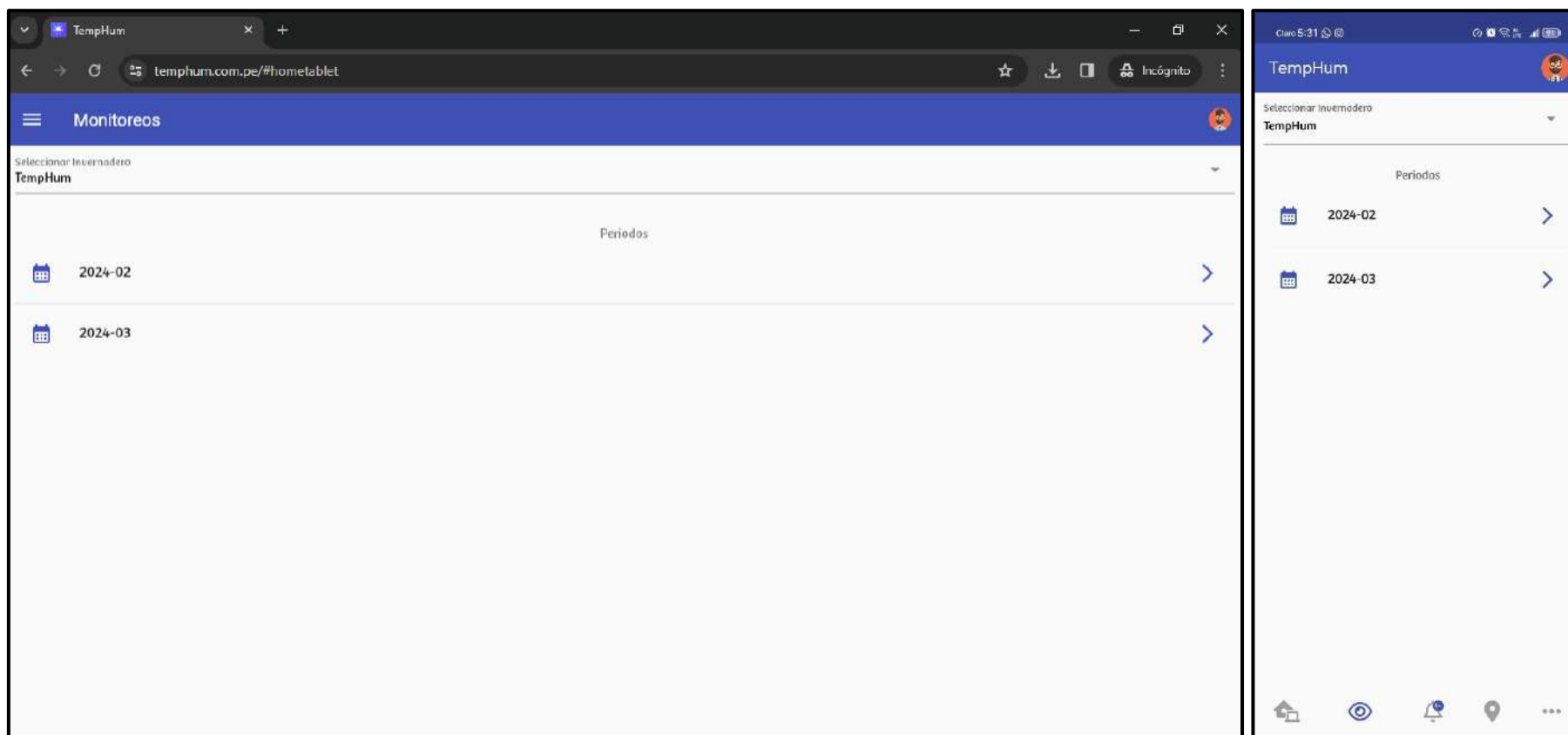


Figura 84 — Listar periodos

## Listar monitoreos

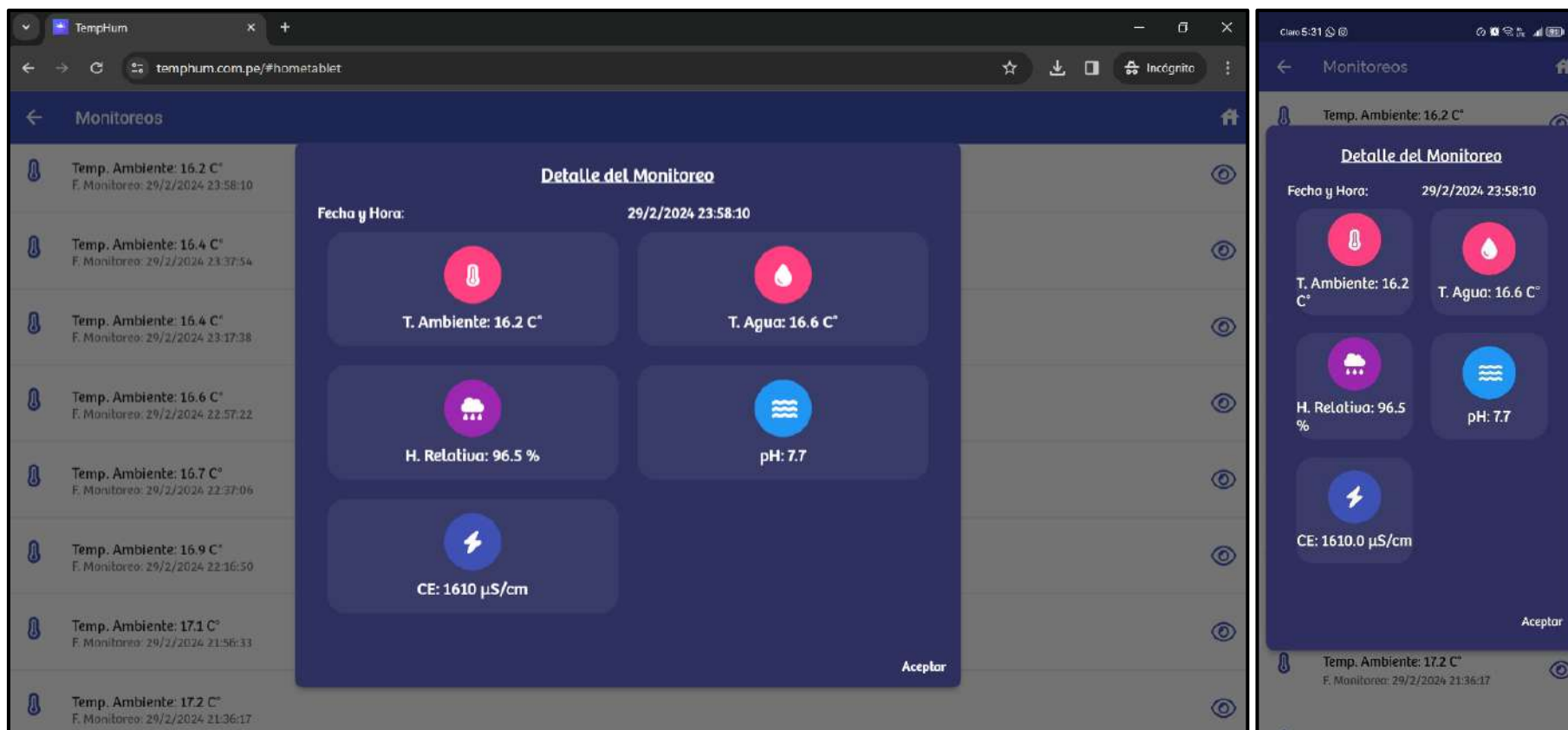


Figura 85 — Listar monitoreos

## H) Módulo de mapa

Listar invernaderos

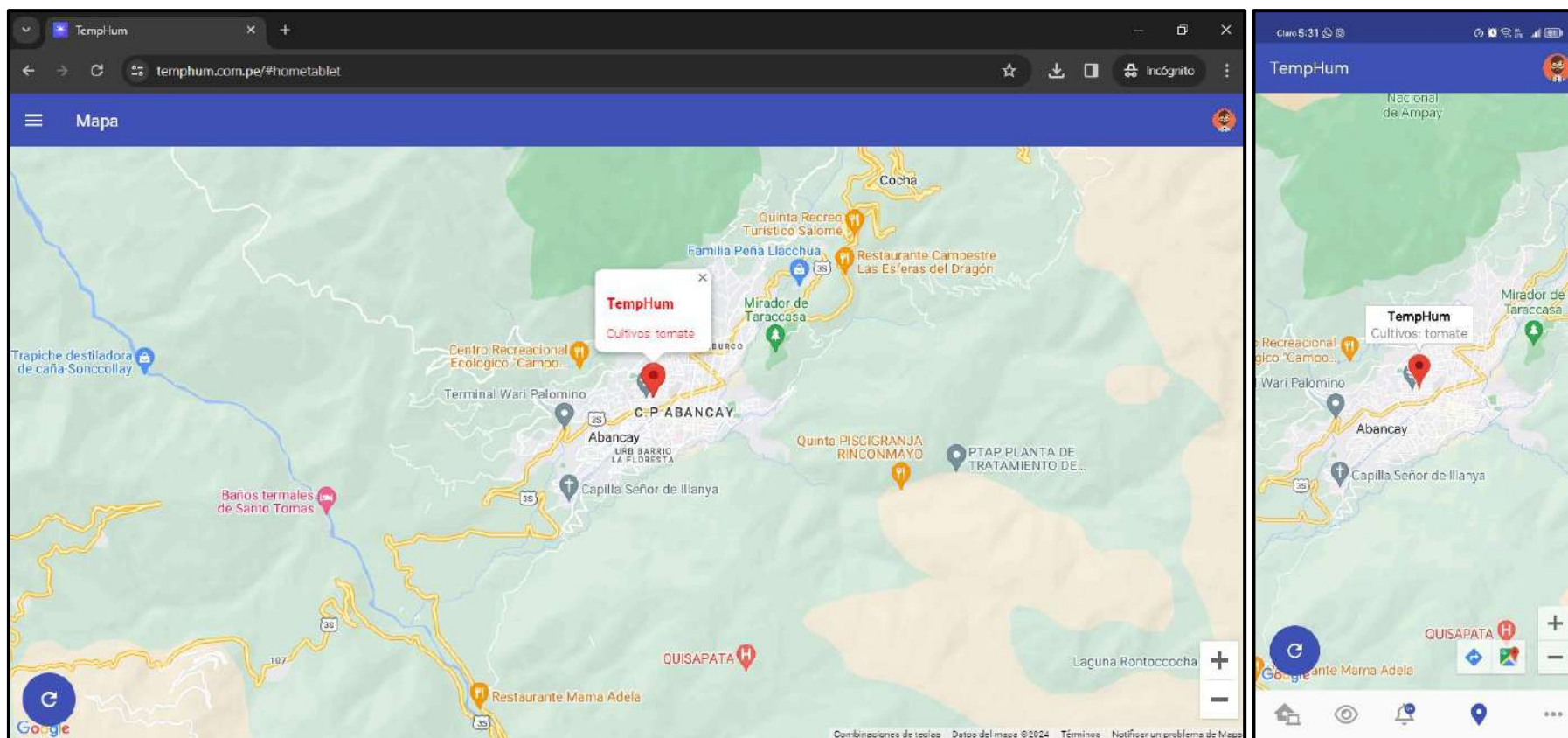


Figura 86 — Listar invernaderos en mapa

### Anexo 08. Diagrama de procesos del sistema automatizado

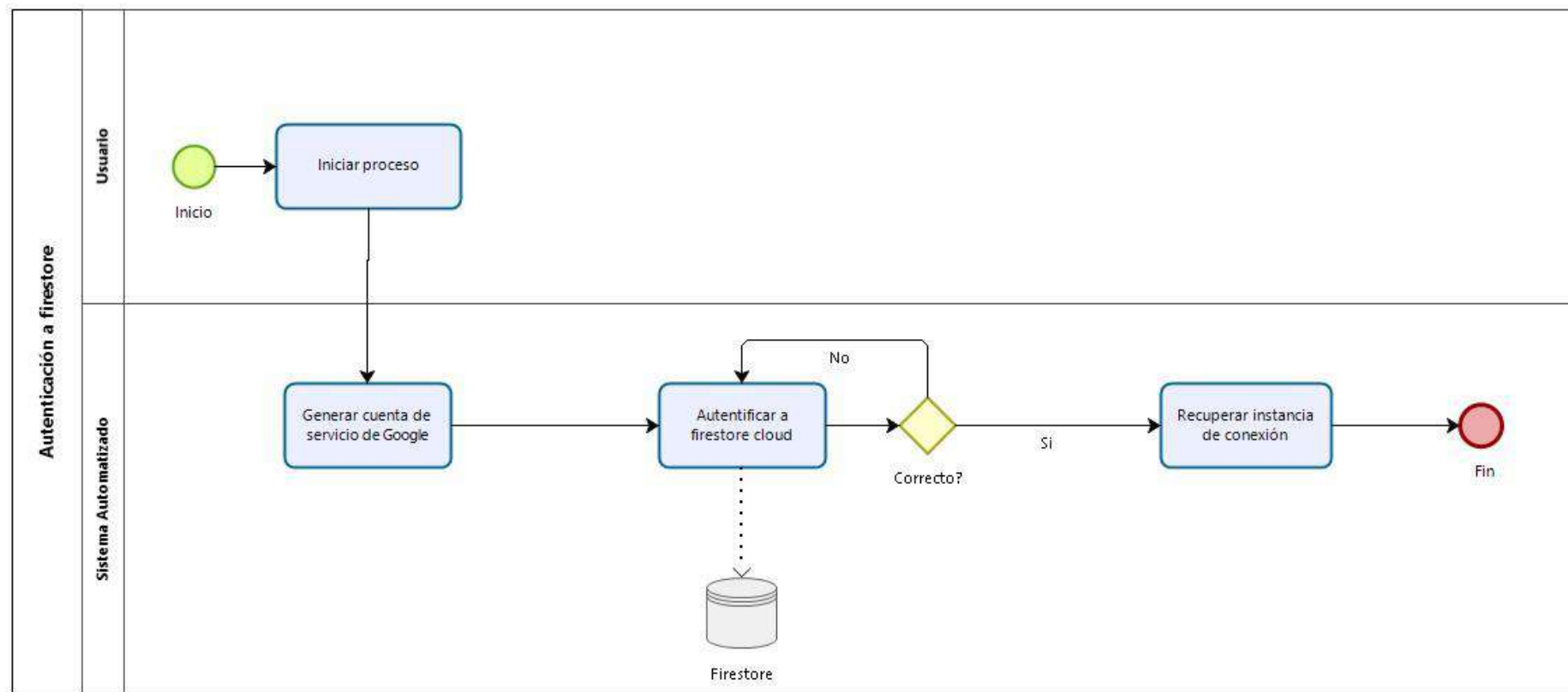


Figura 87 — Diagrama de proceso de autenticación a Firestore

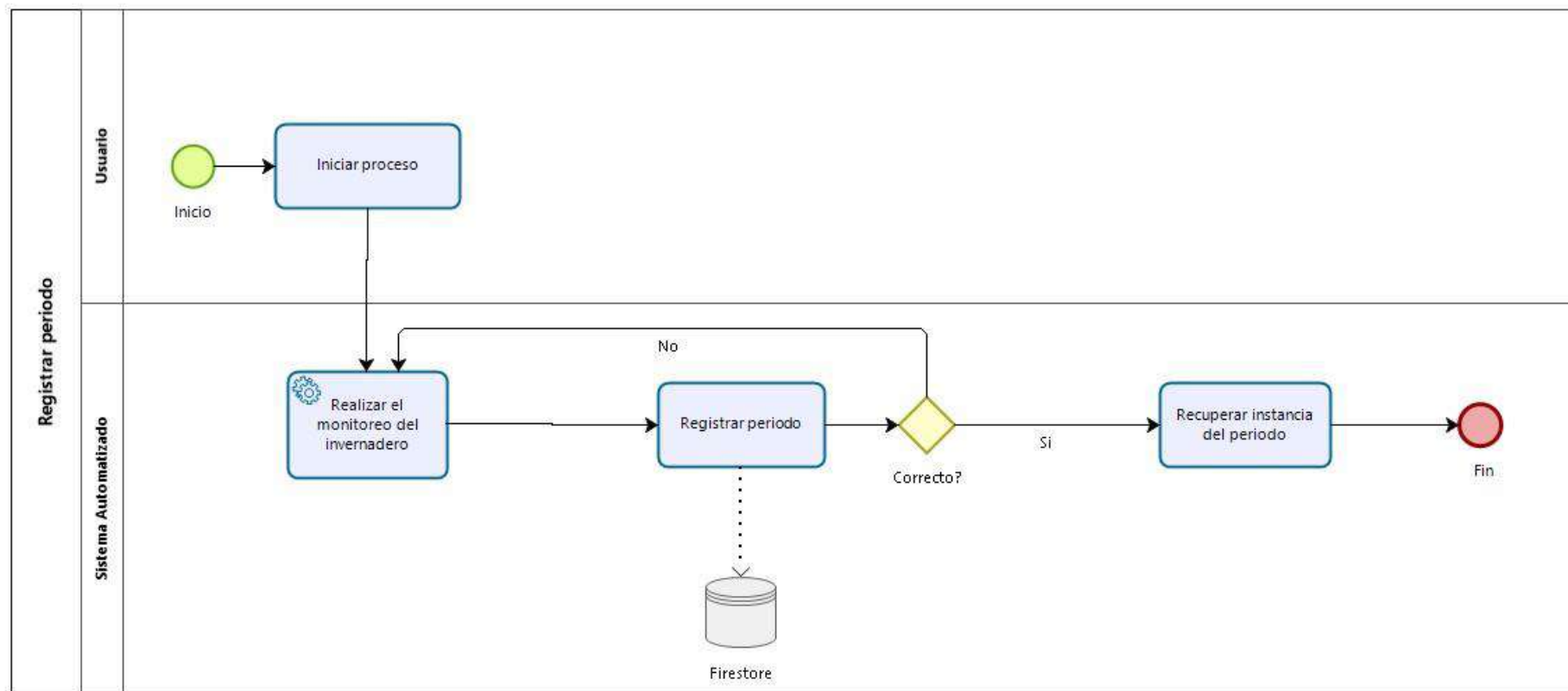


Figura 88 — Diagrama de procesos de registrar periodo

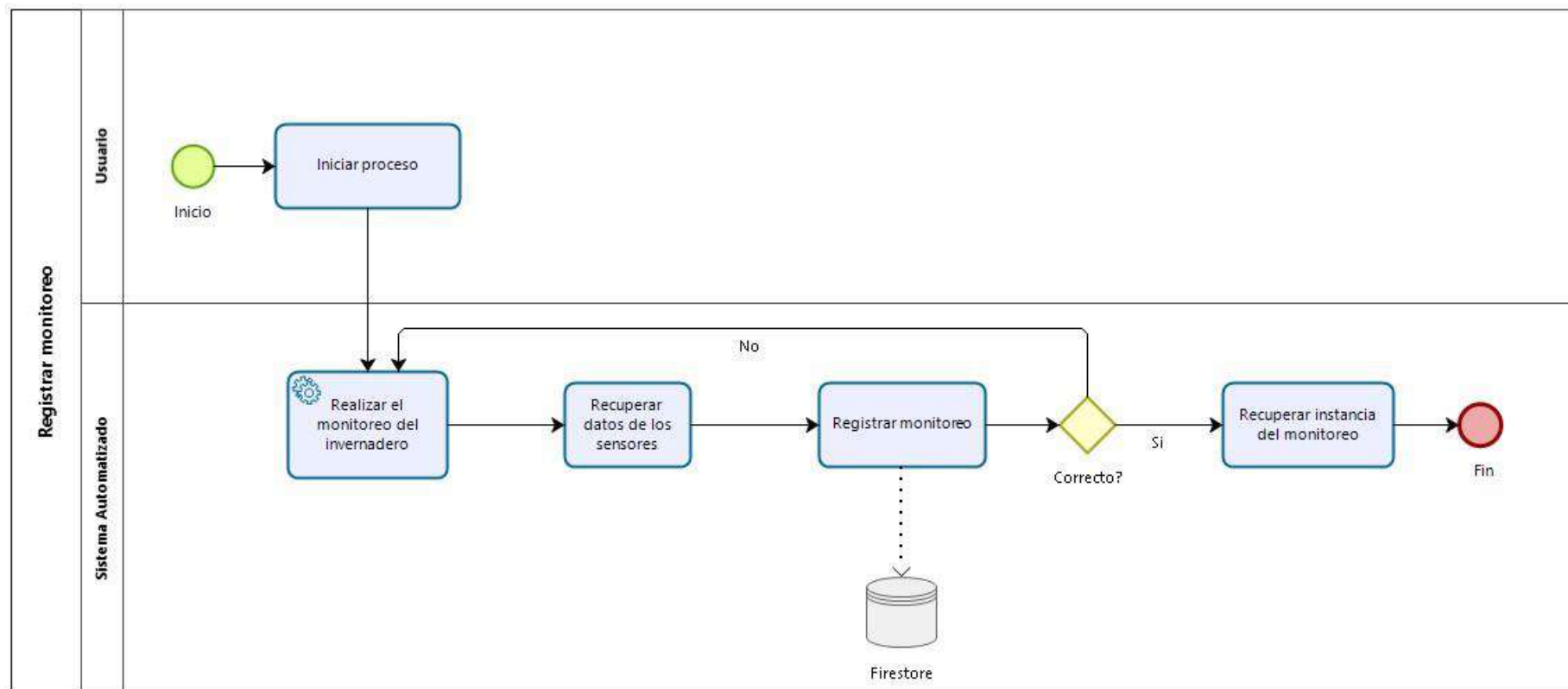


Figura 89 — Diagrama de procesos de registrar monitoreo

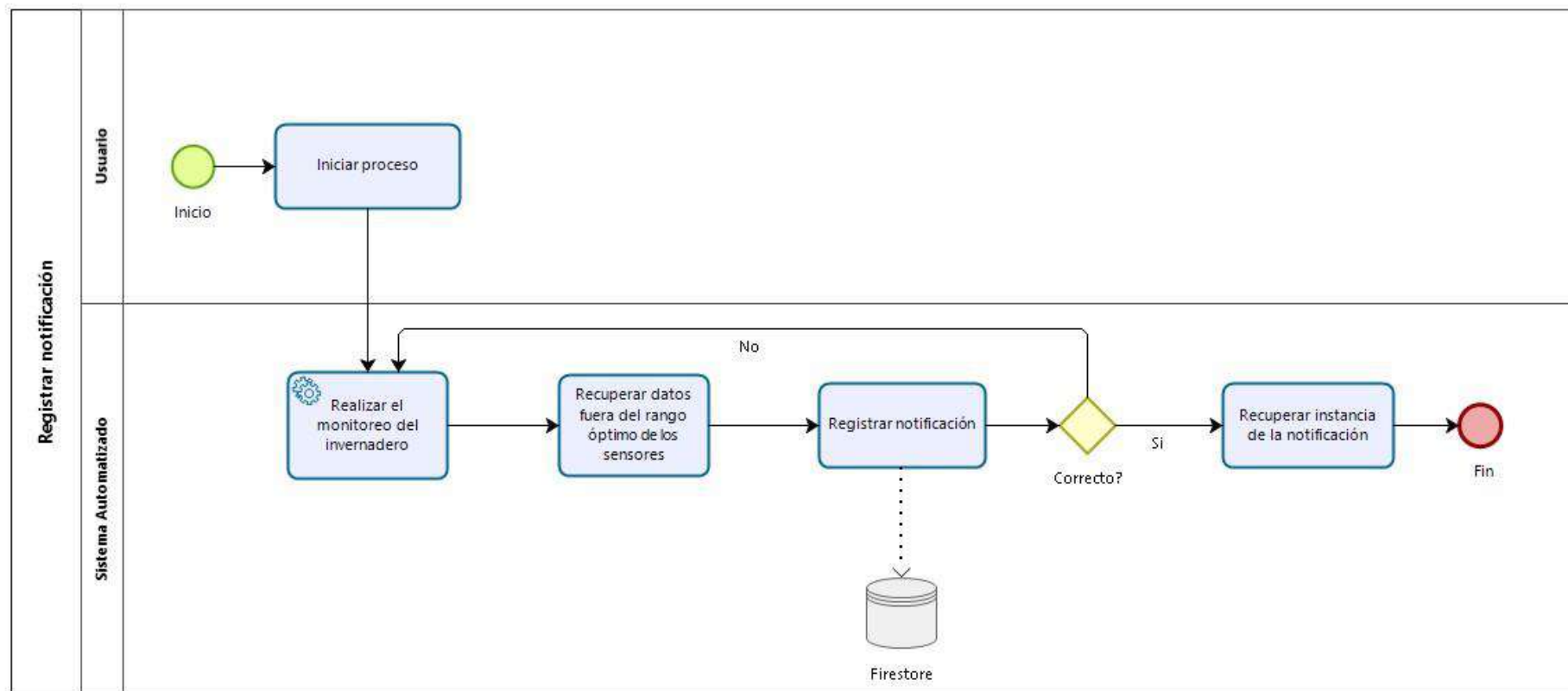


Figura 90 — Diagrama de procesos de registrar notificación

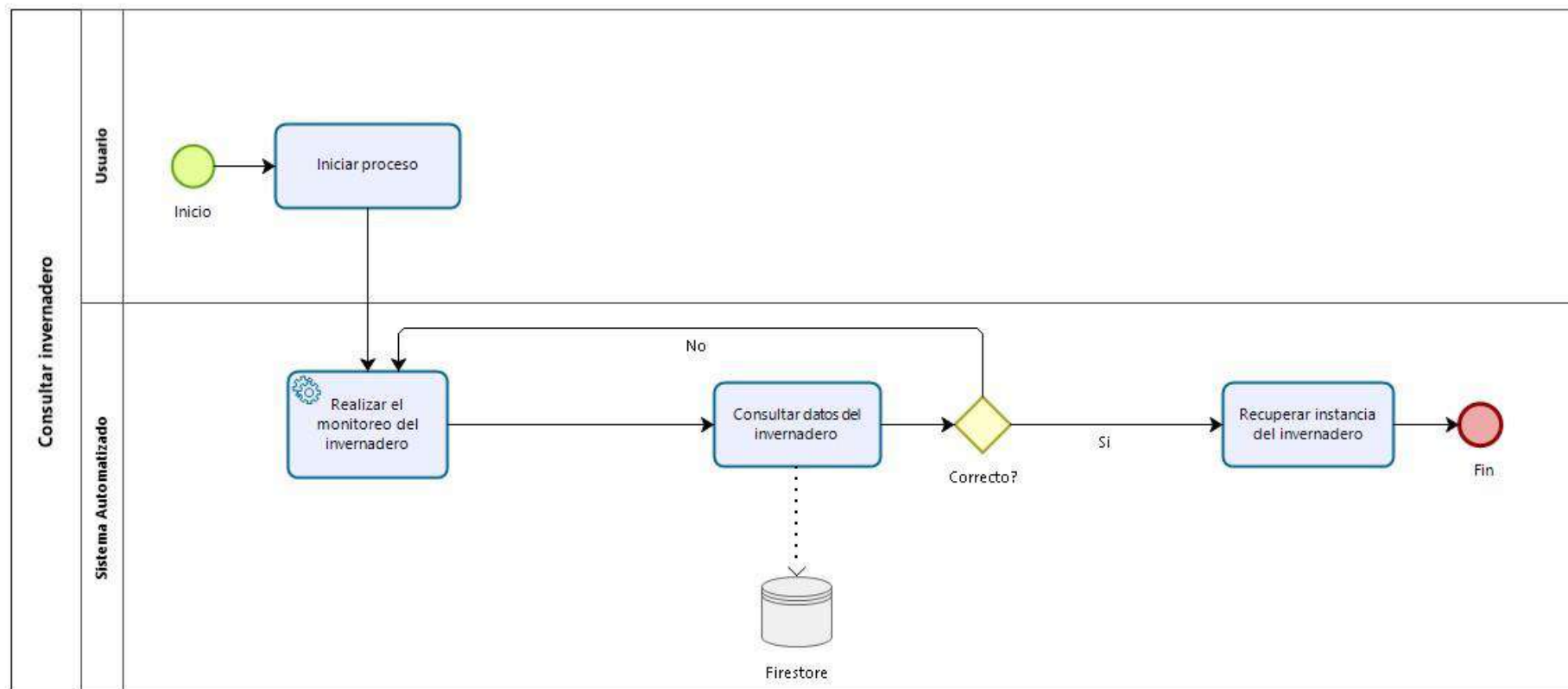


Figura 91 — Diagrama de procesos de consultar invernadero

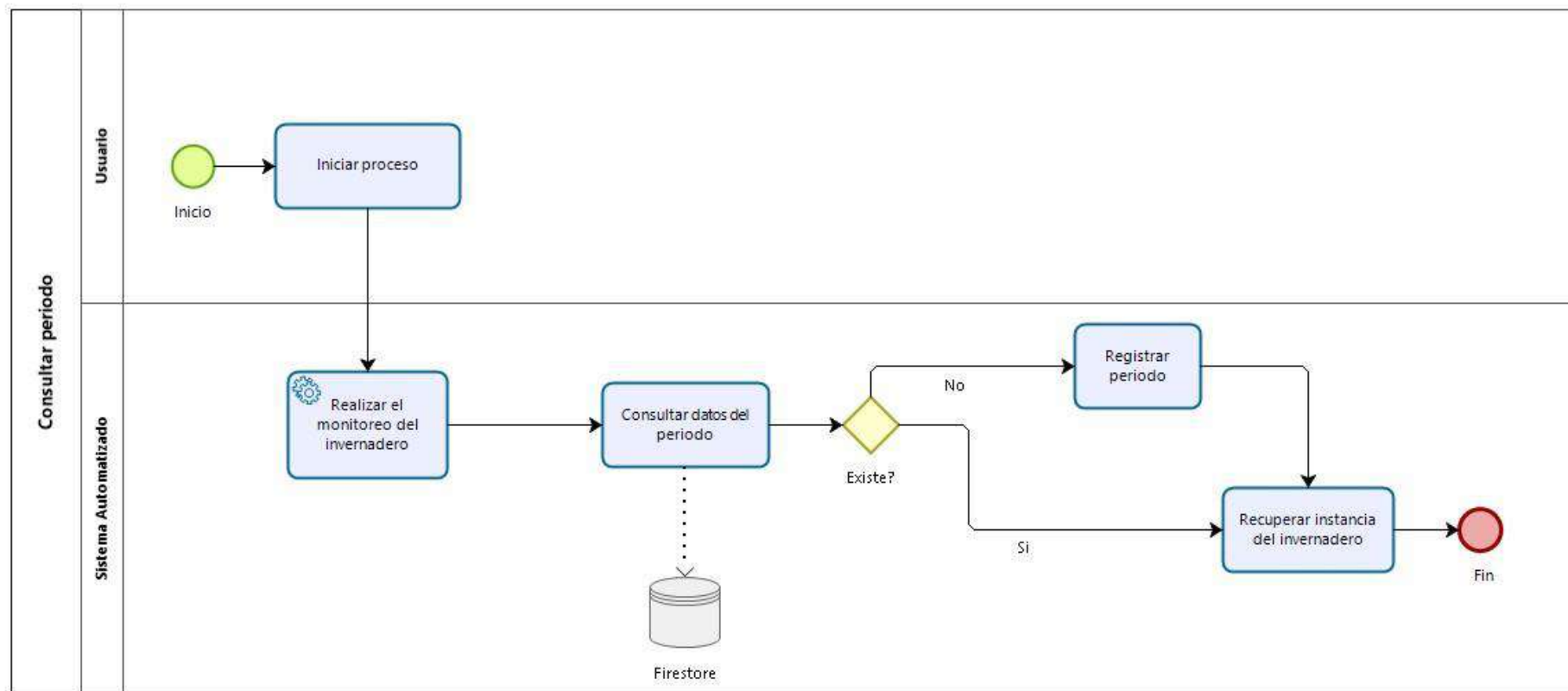


Figura 92 — Diagrama de procesos de consultar periodo

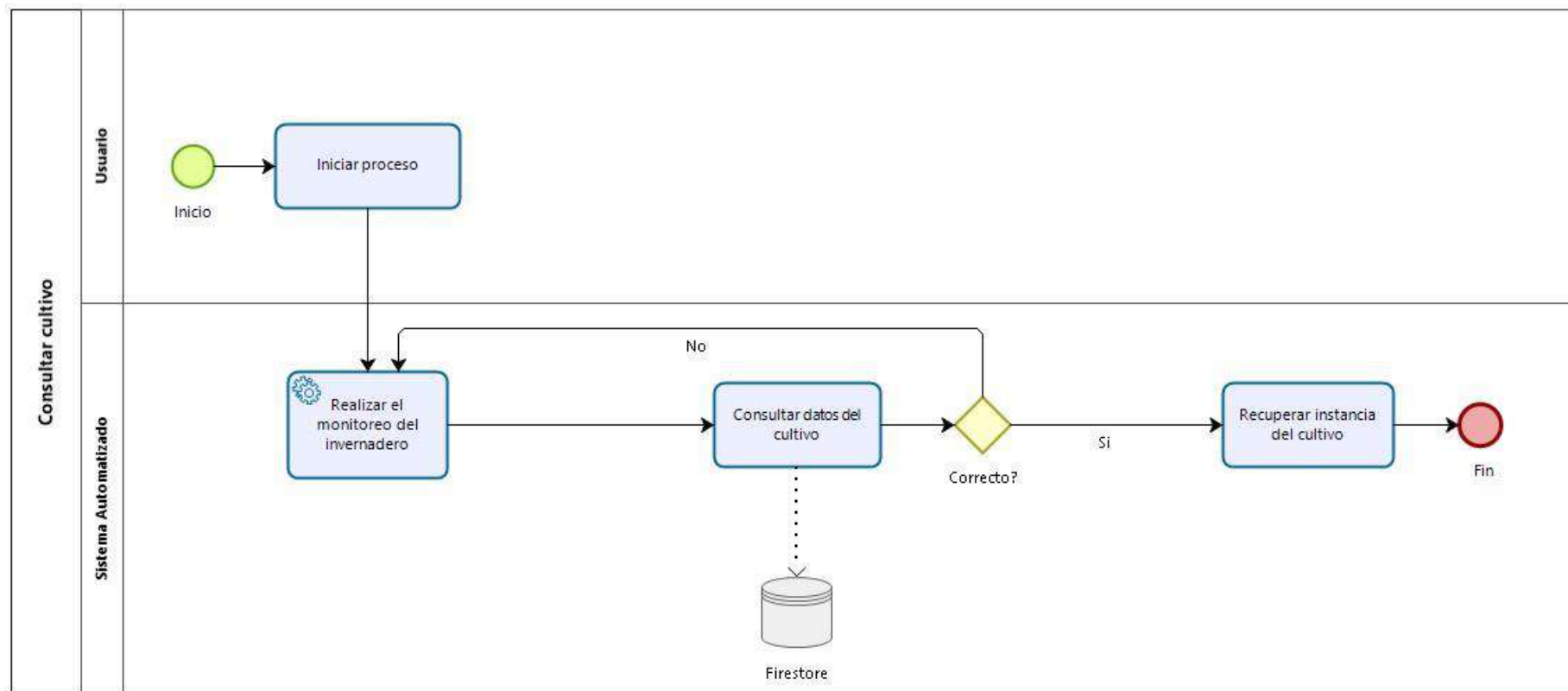


Figura 93 — Diagrama de procesos de consultar cultivo

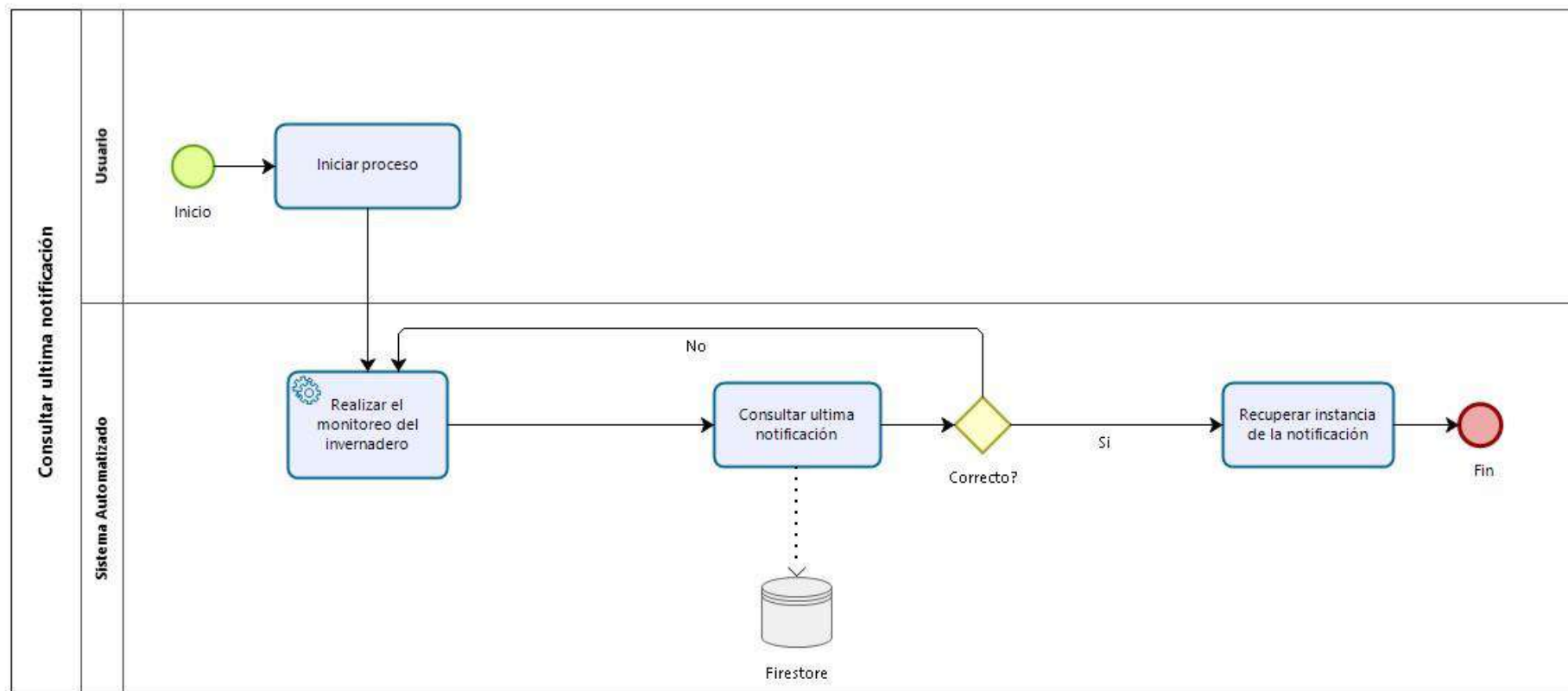


Figura 94 — Diagrama de procesos de consultar ultima notificación

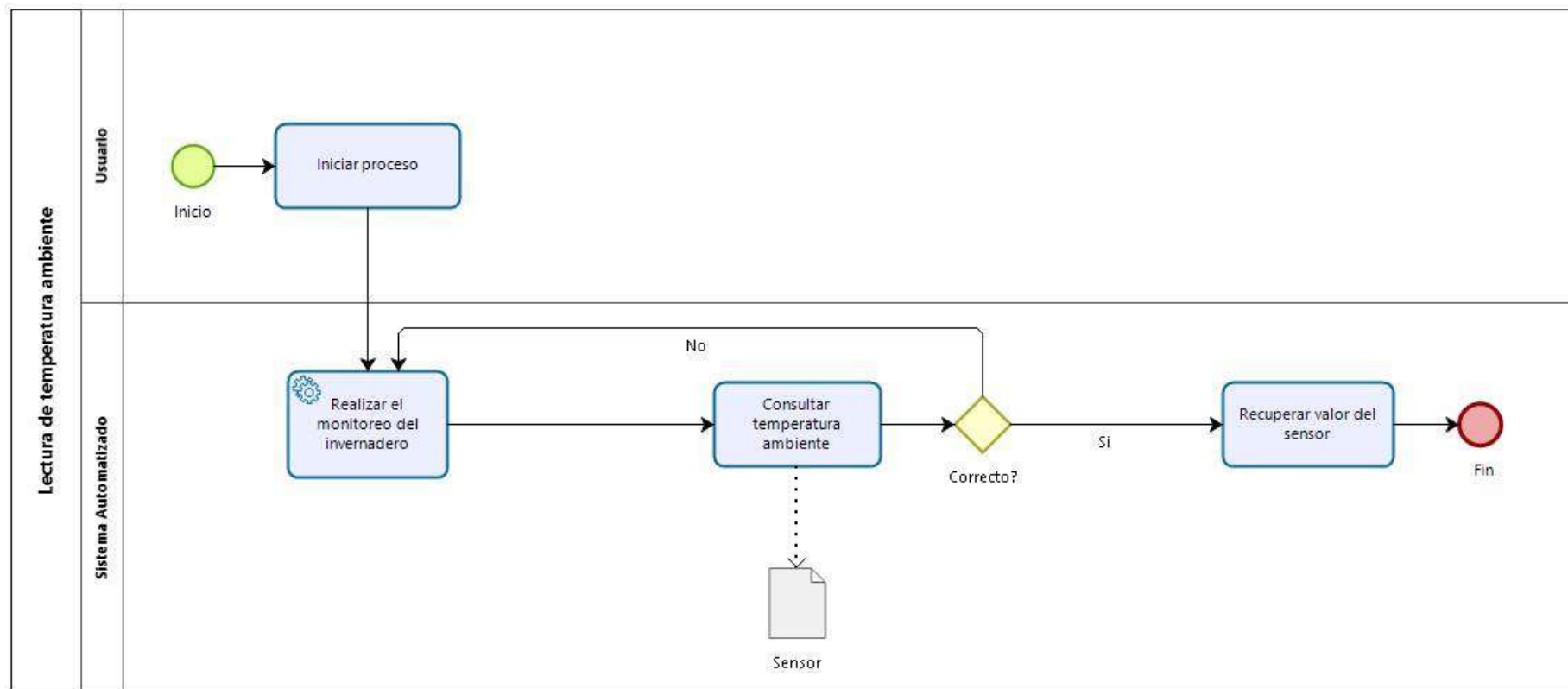


Figura 95 — Diagrama de procesos de lectura de temperatura ambiente

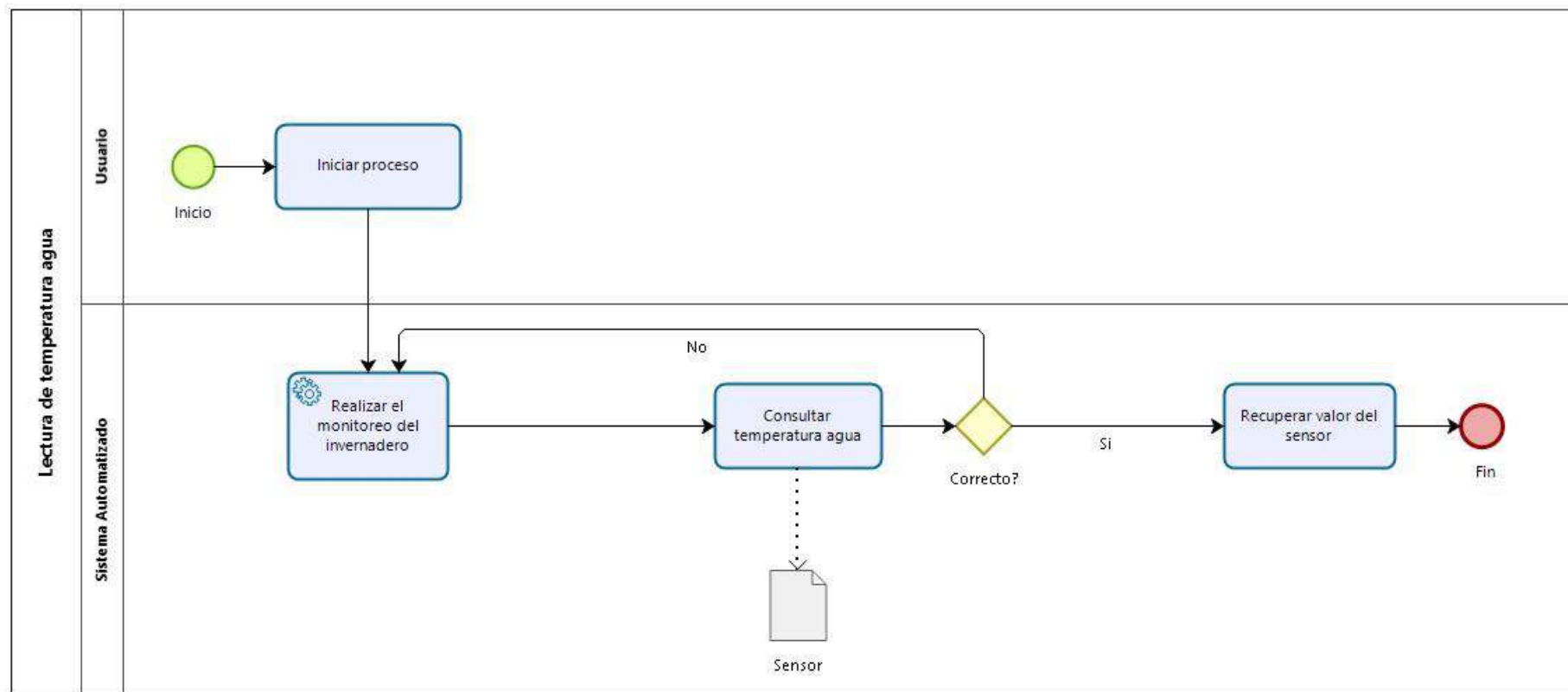


Figura 96 — Diagrama de procesos de lectura de temperatura agua

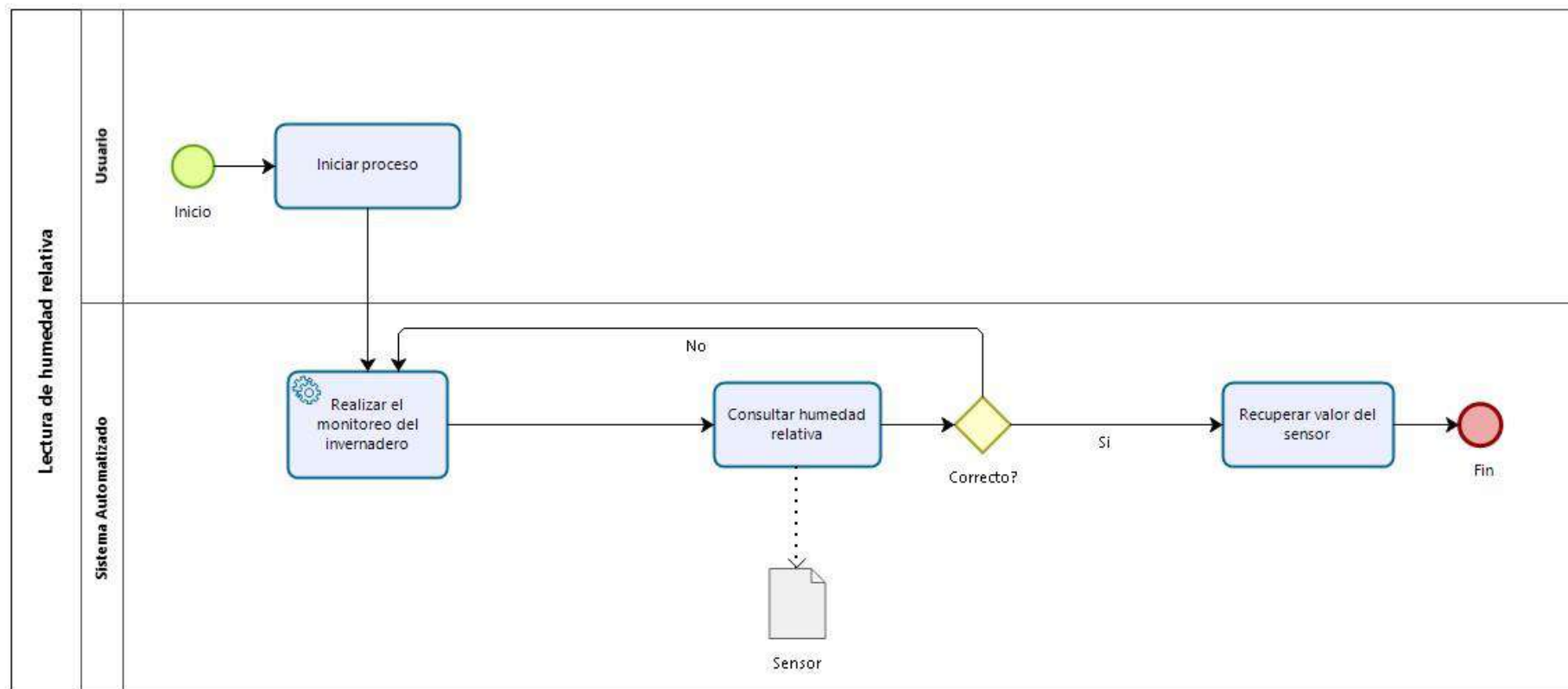


Figura 97 — Diagrama de procesos de lectura de humedad relativa

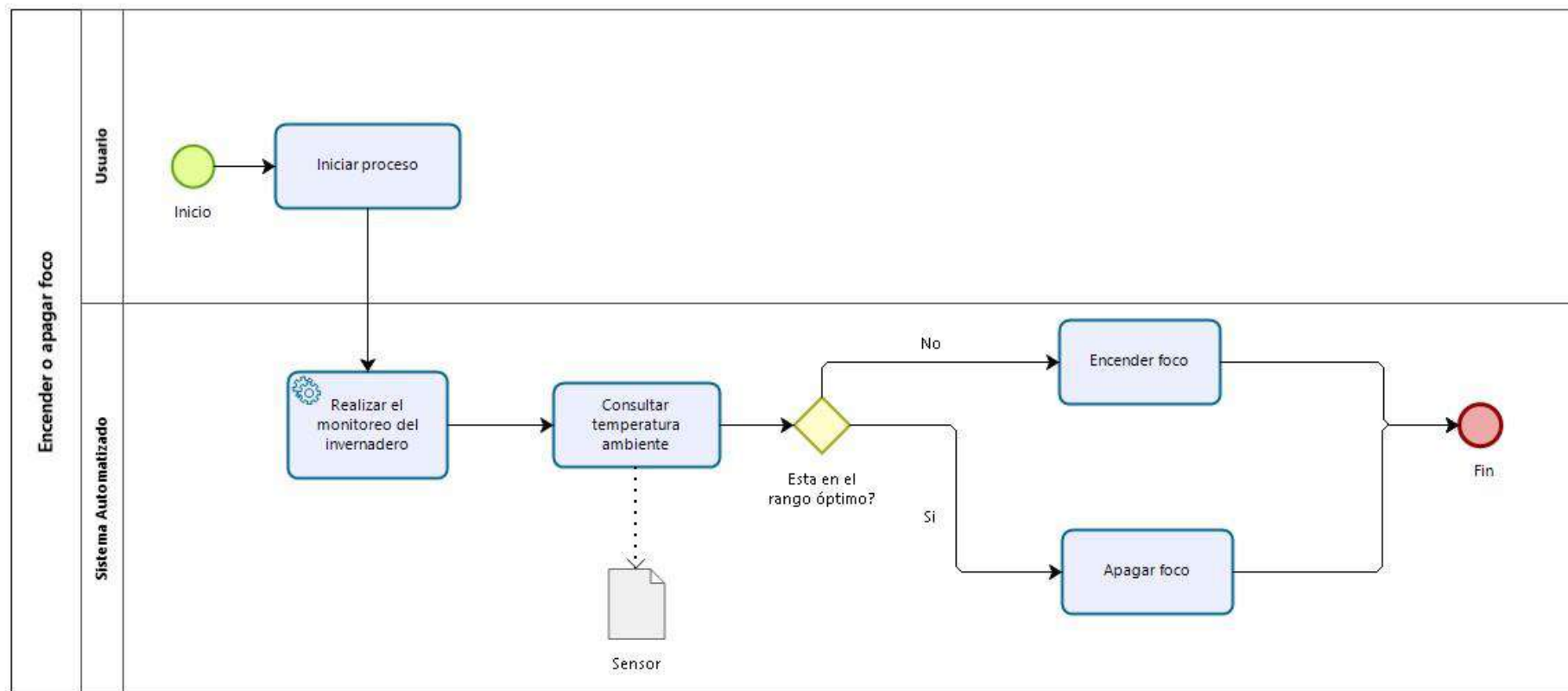


Figura 98 — Diagrama de procesos de encender o apagar foco

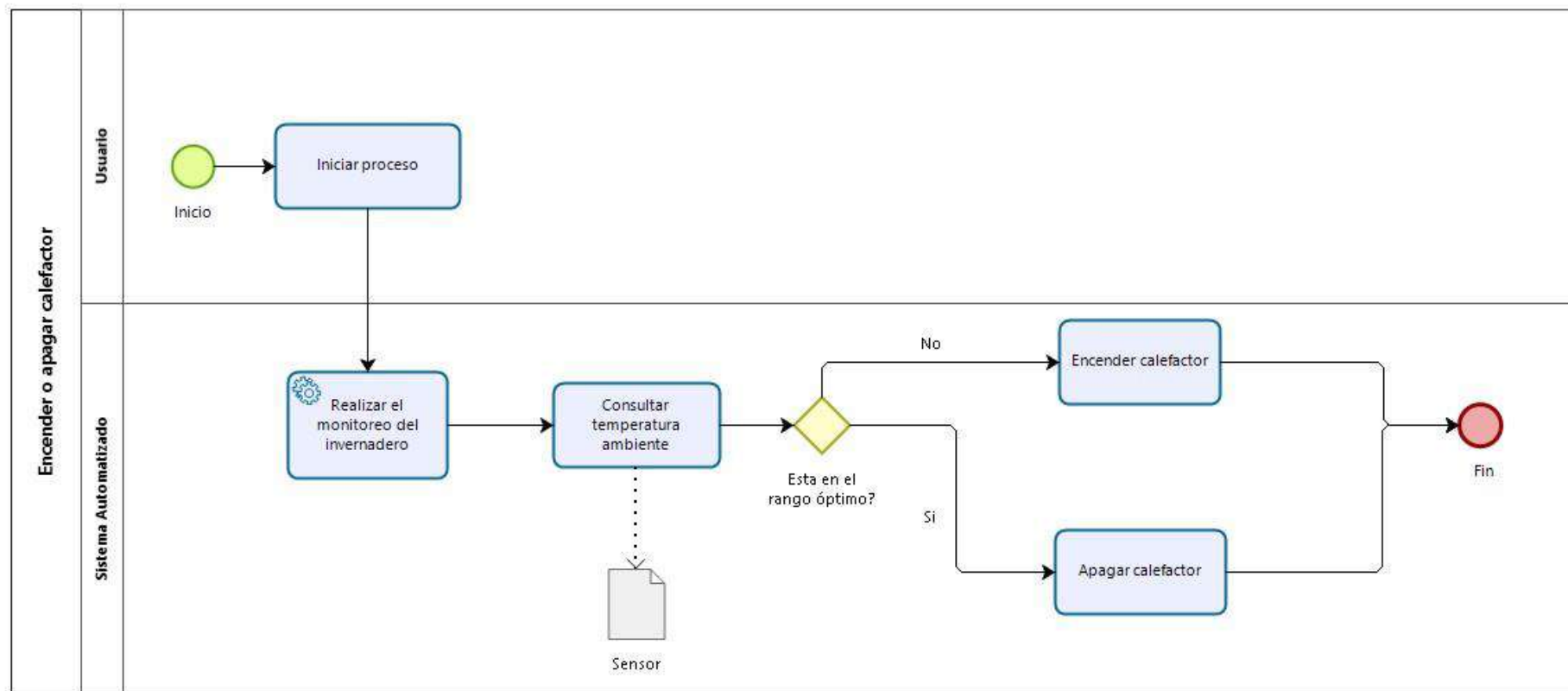


Figura 99 — Diagrama de procesos de encender o apagar calefactor

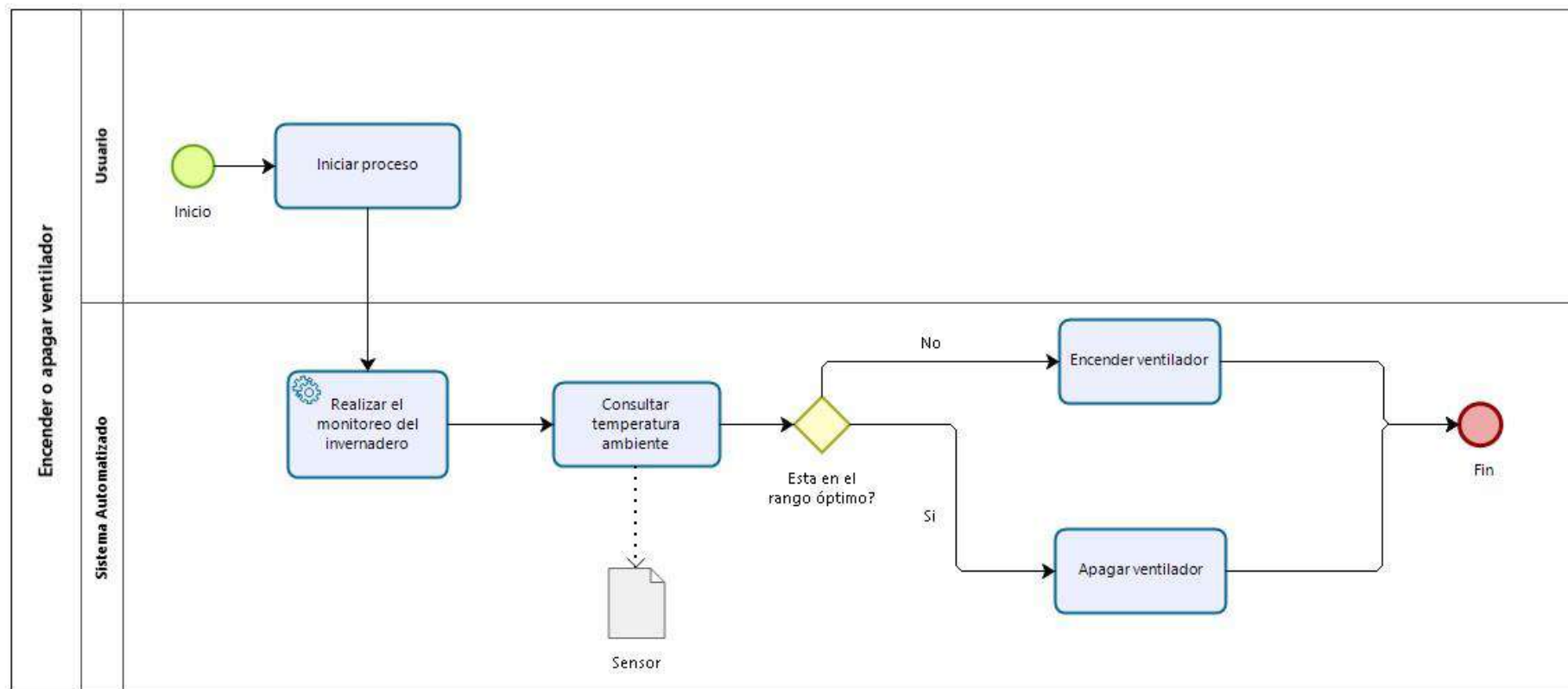


Figura 100 — Diagrama de procesos de encender o apagar ventilador

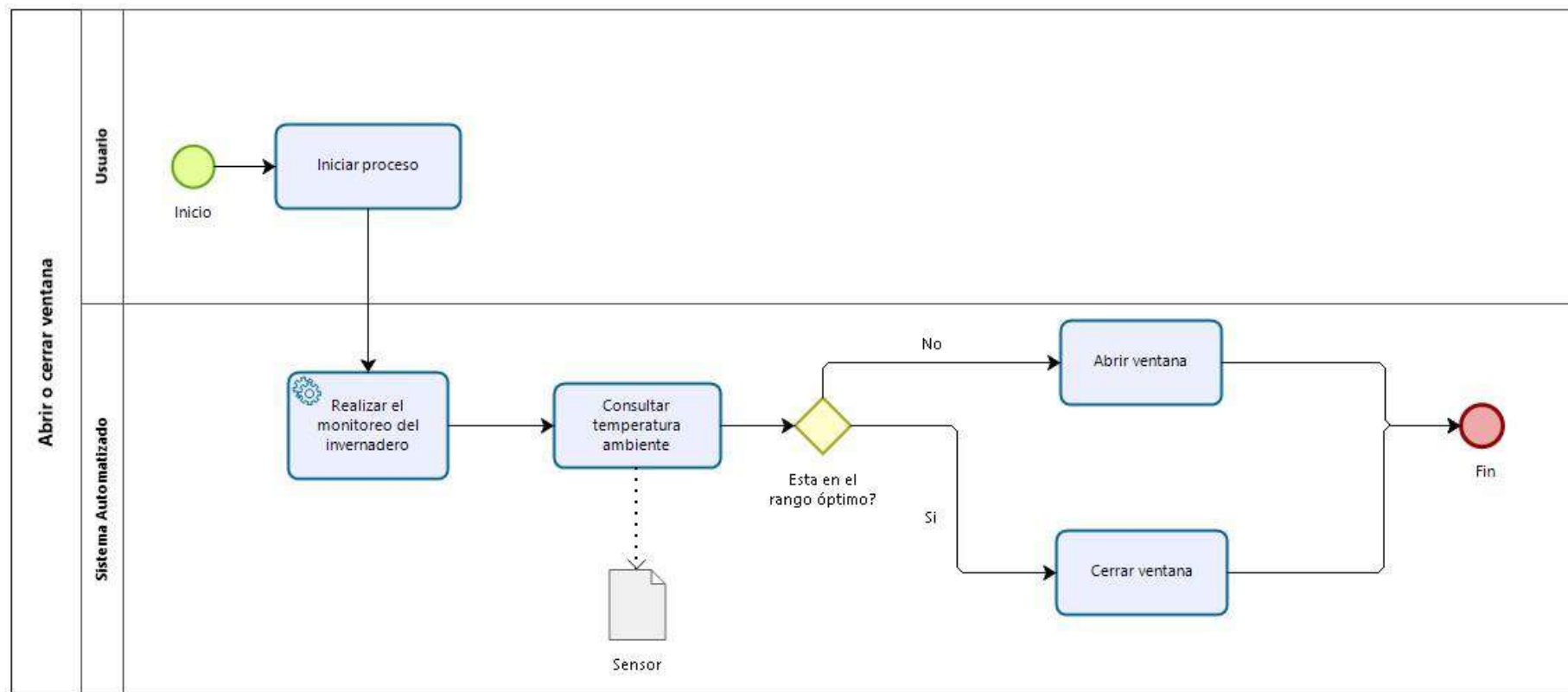


Figura 101 — Diagrama de procesos de abrir o cerrar ventana

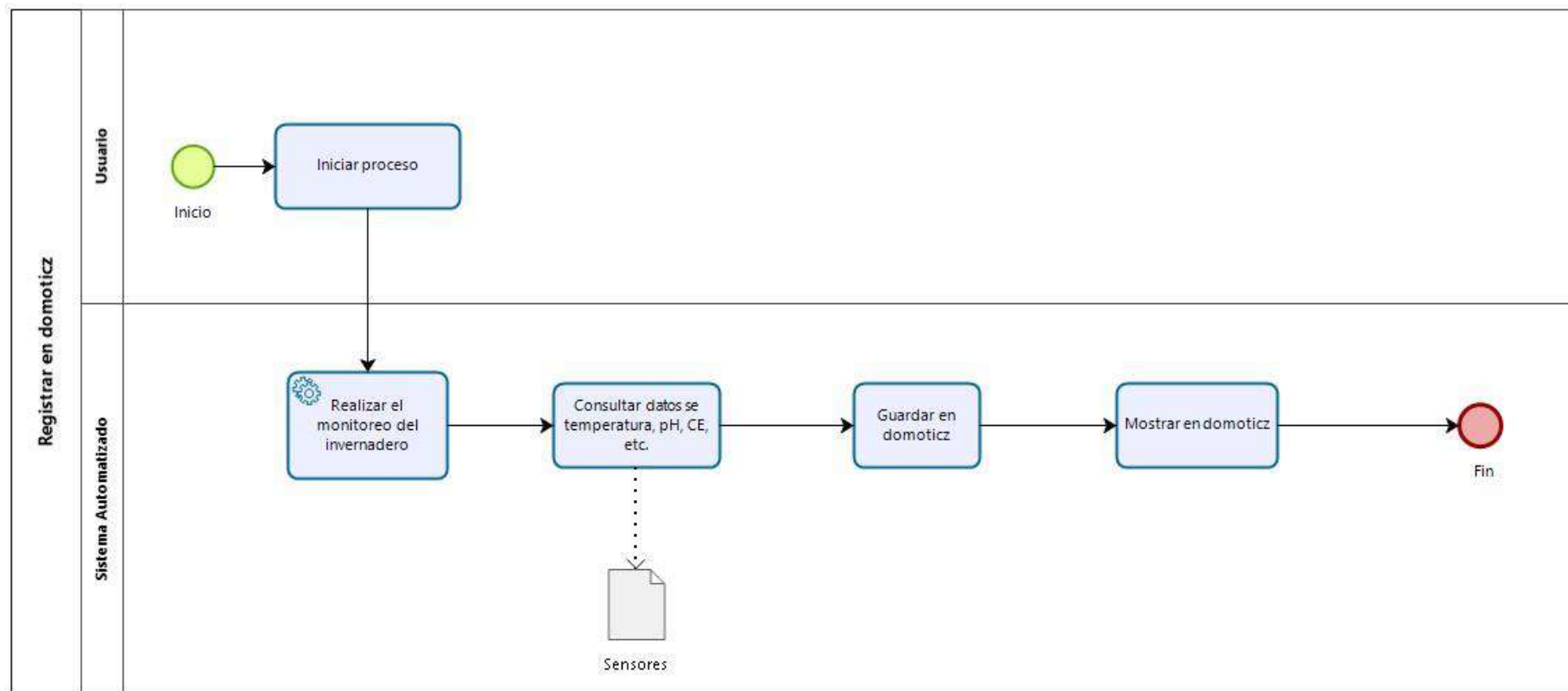


Figura 102 — Diagrama de procesos de registrar en domoticz

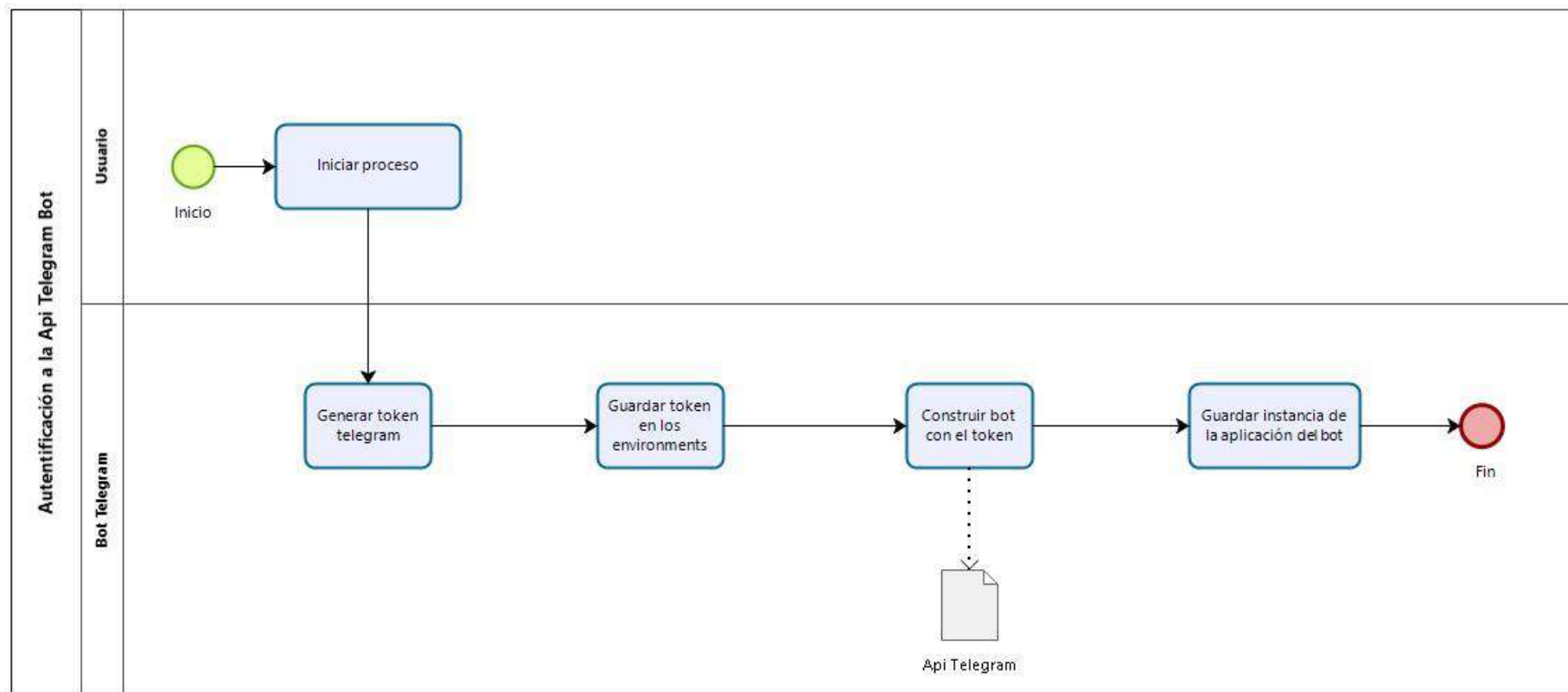


Figura 103 — Diagrama de procesos de autenticación a la Api Telegram Bot

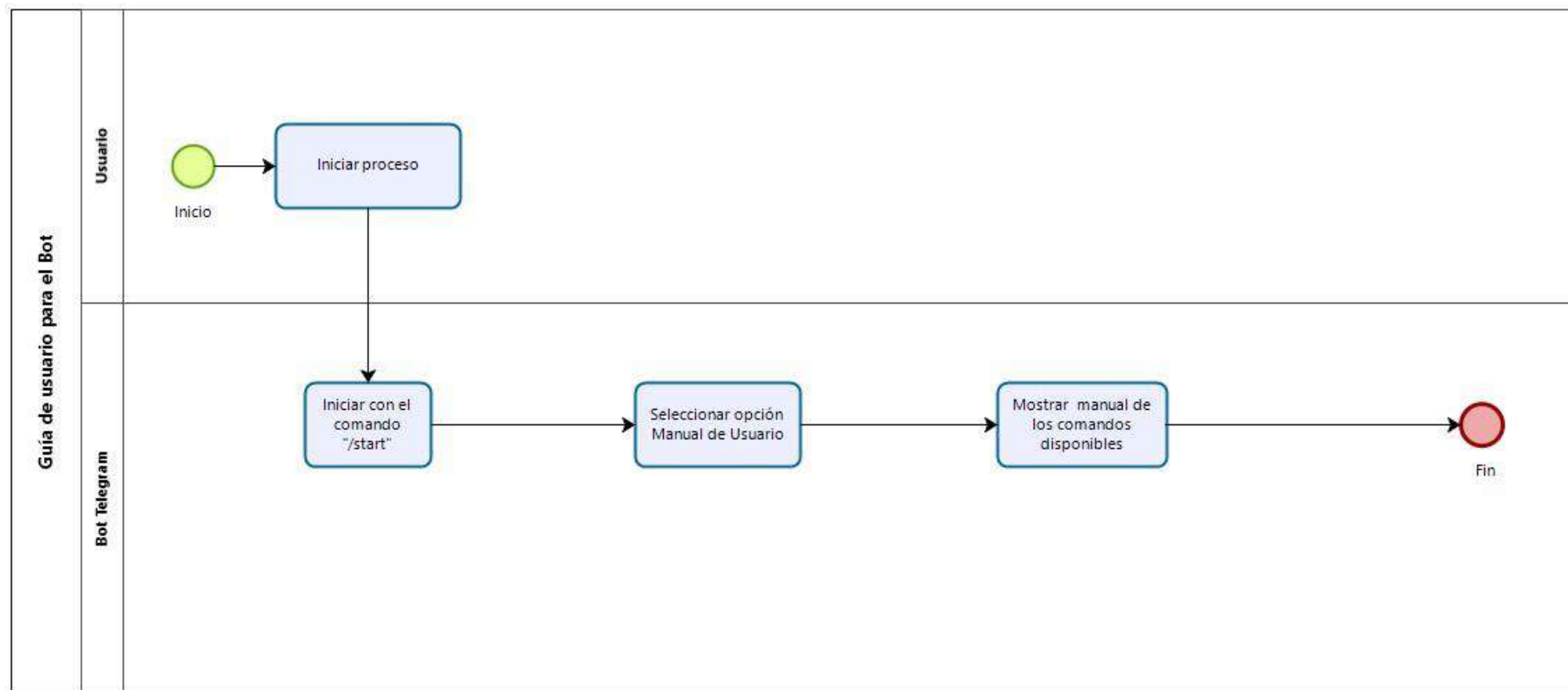


Figura 104 — Diagrama de procesos de guía de usuario para el Bot

### Anexo 09. Diagrama de procesos de la aplicación web y móvil

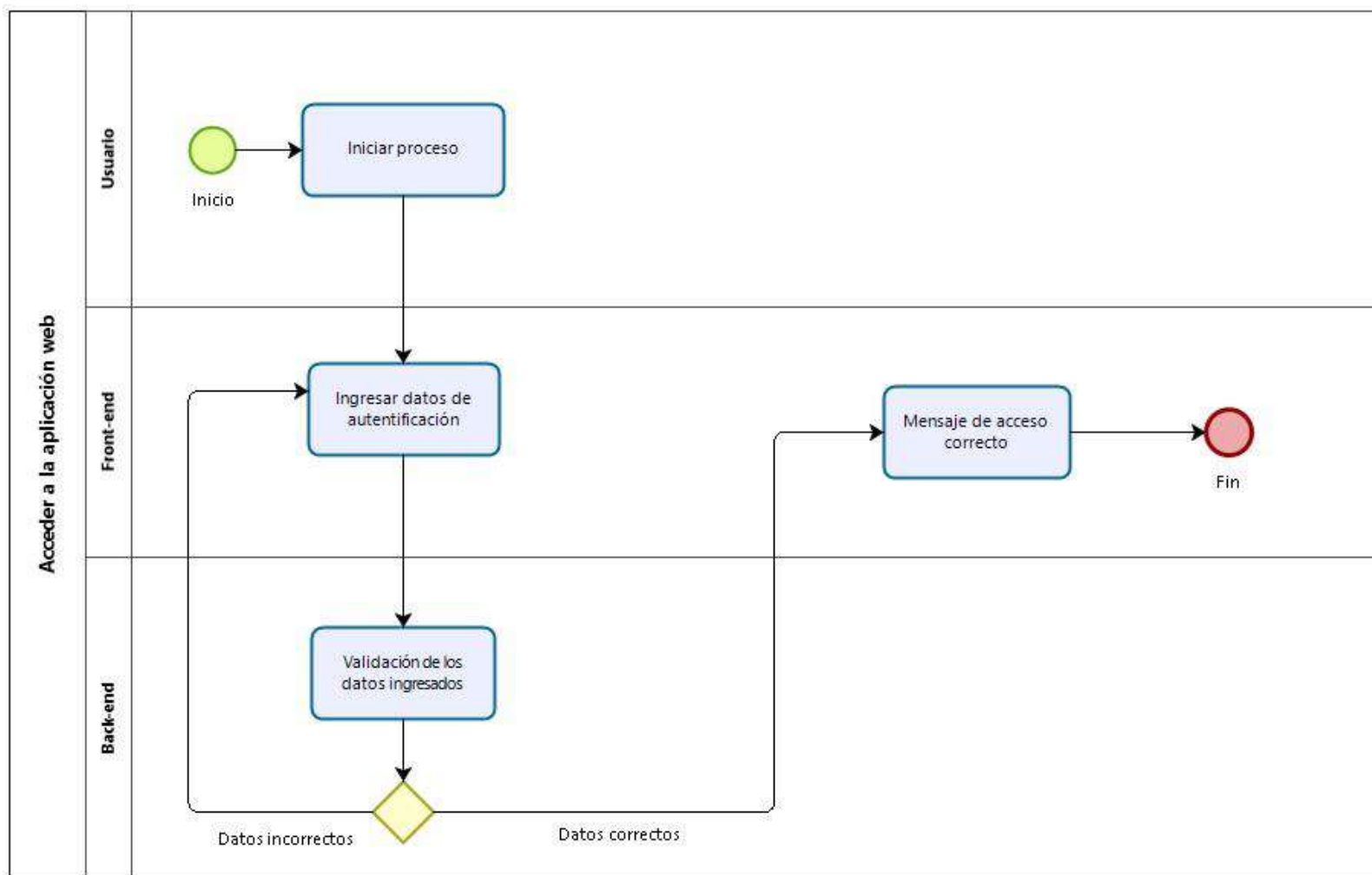


Figura 105 — Diagrama de proceso de acceder a la aplicación web

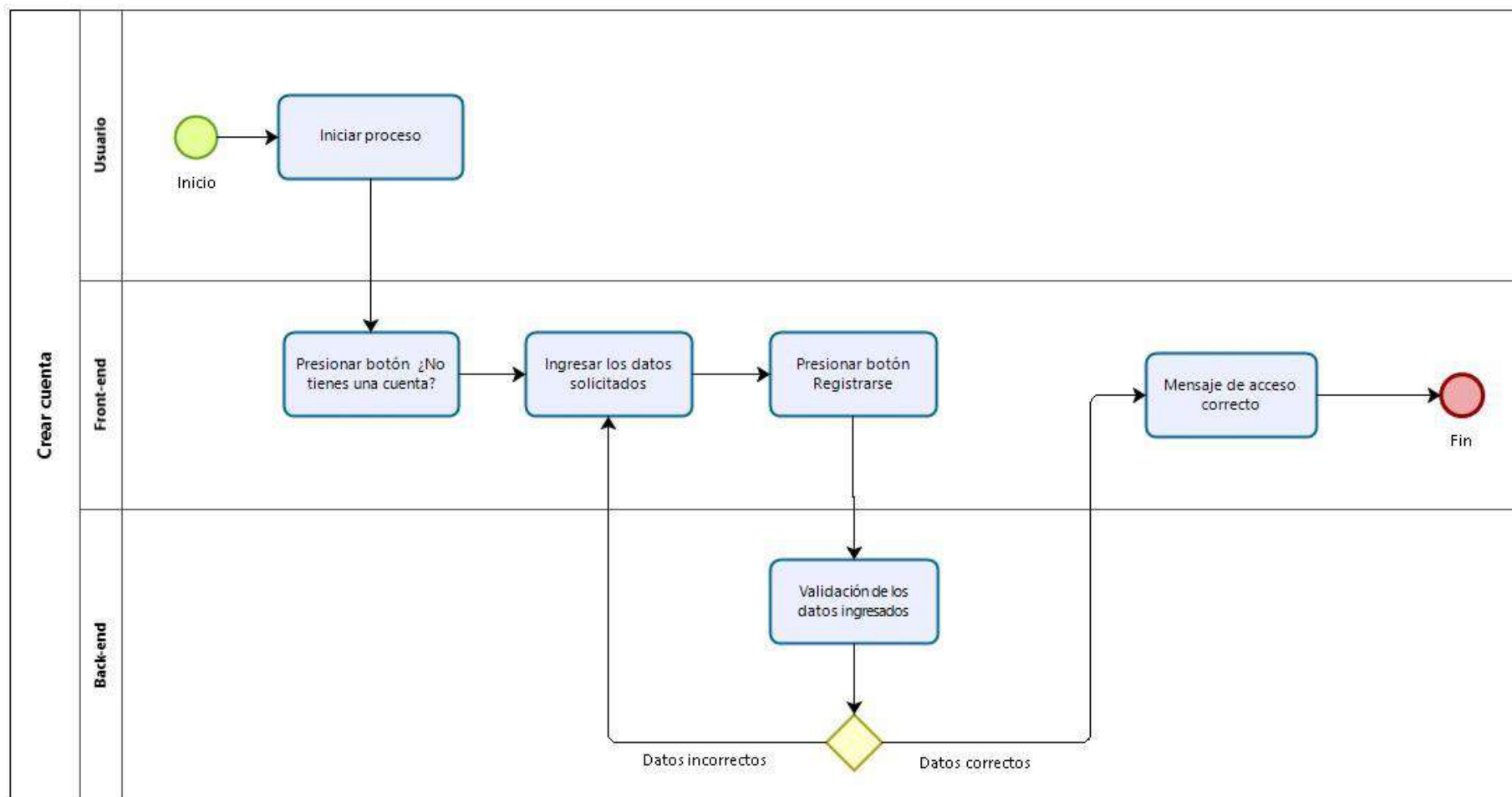


Figura 106 — Diagrama de procesos de crear cuenta

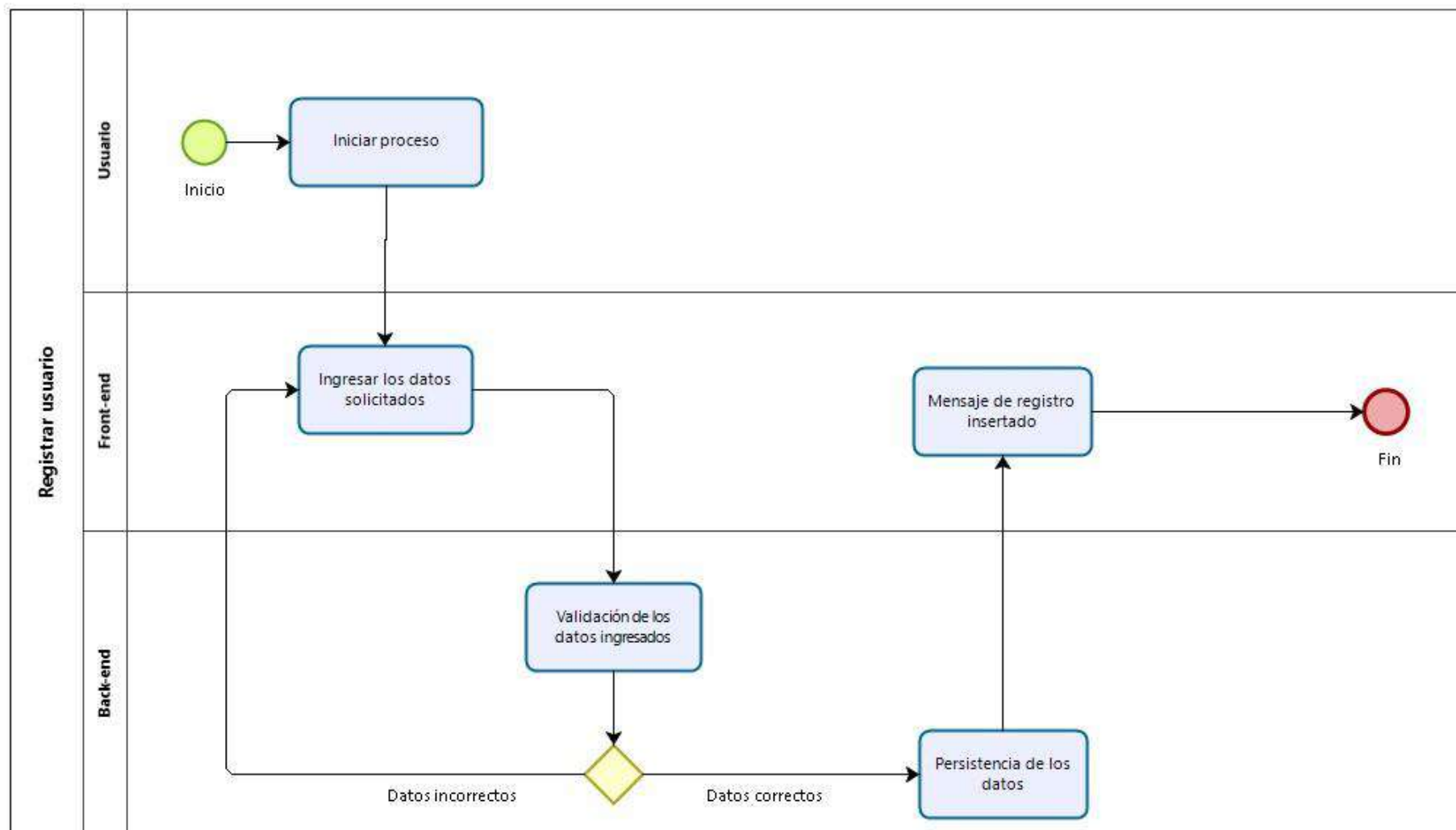


Figura 107 — Diagrama de procesos de registrar usuario

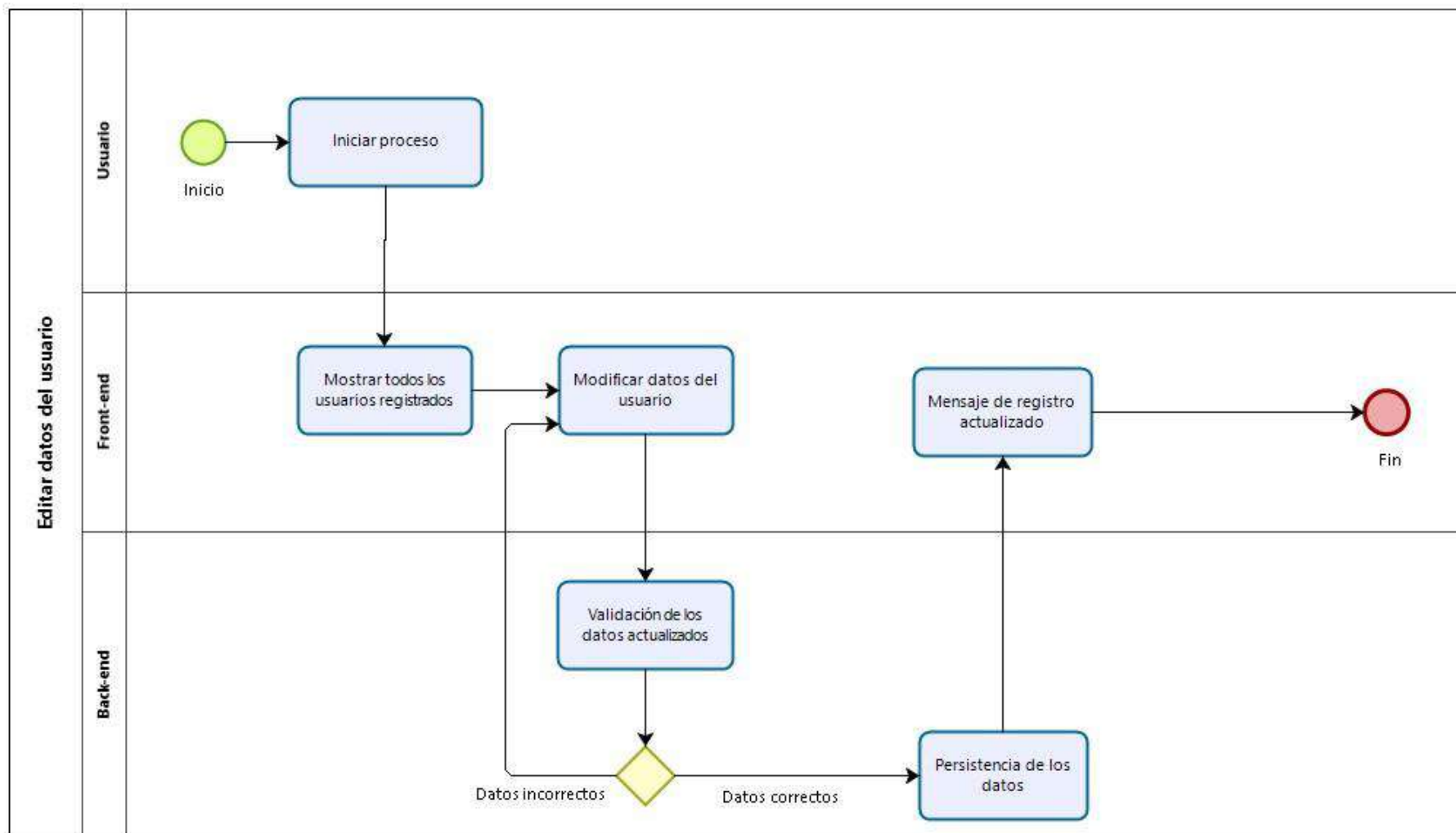


Figura 108 — Diagrama de procesos de editar datos del usuario

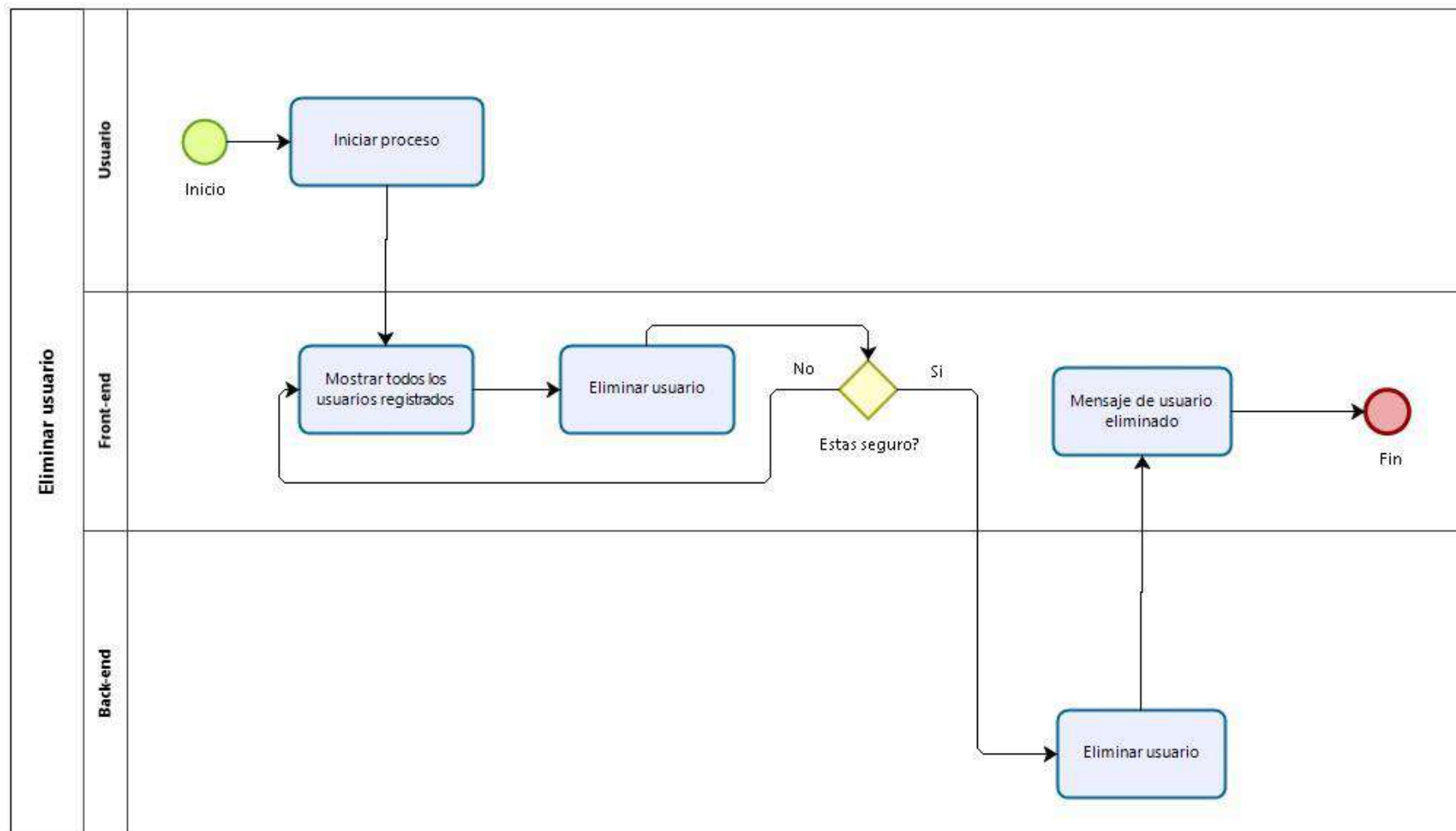


Figura 109 — Diagrama de procesos de eliminar usuario

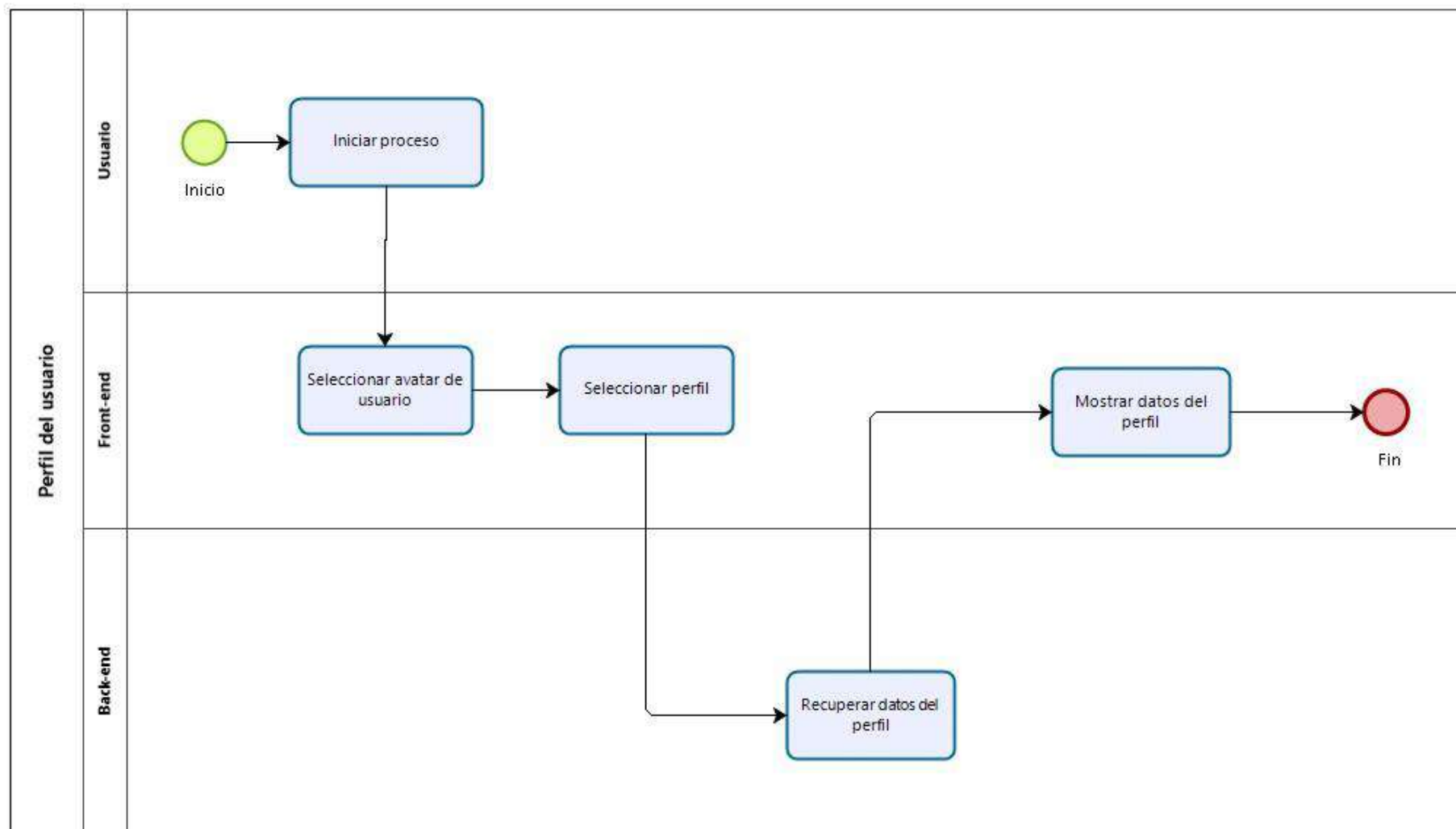


Figura 110 — Diagrama de procesos de perfil del usuario

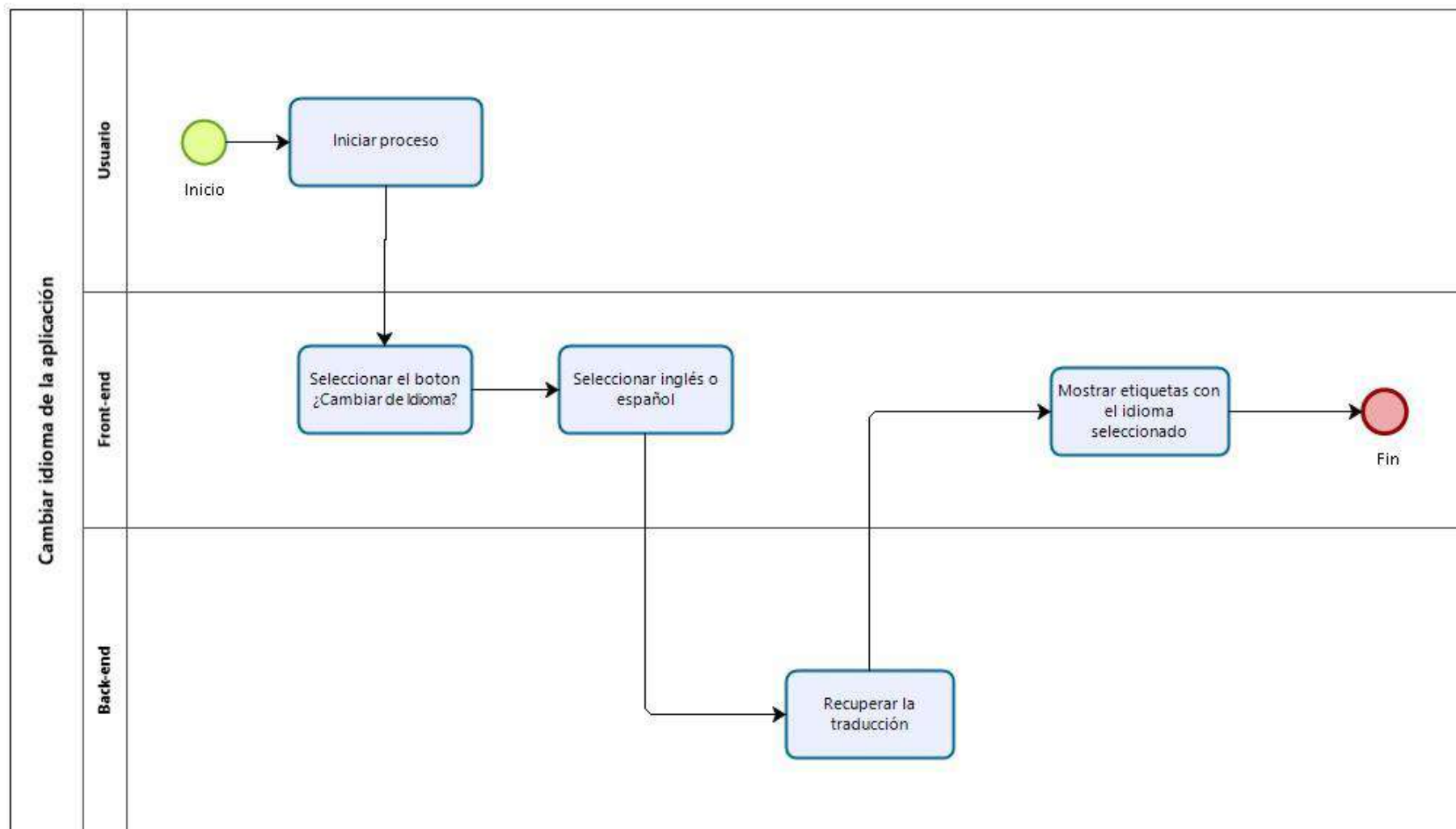


Figura 111 — Diagrama de procesos de cambiar idioma de la aplicación

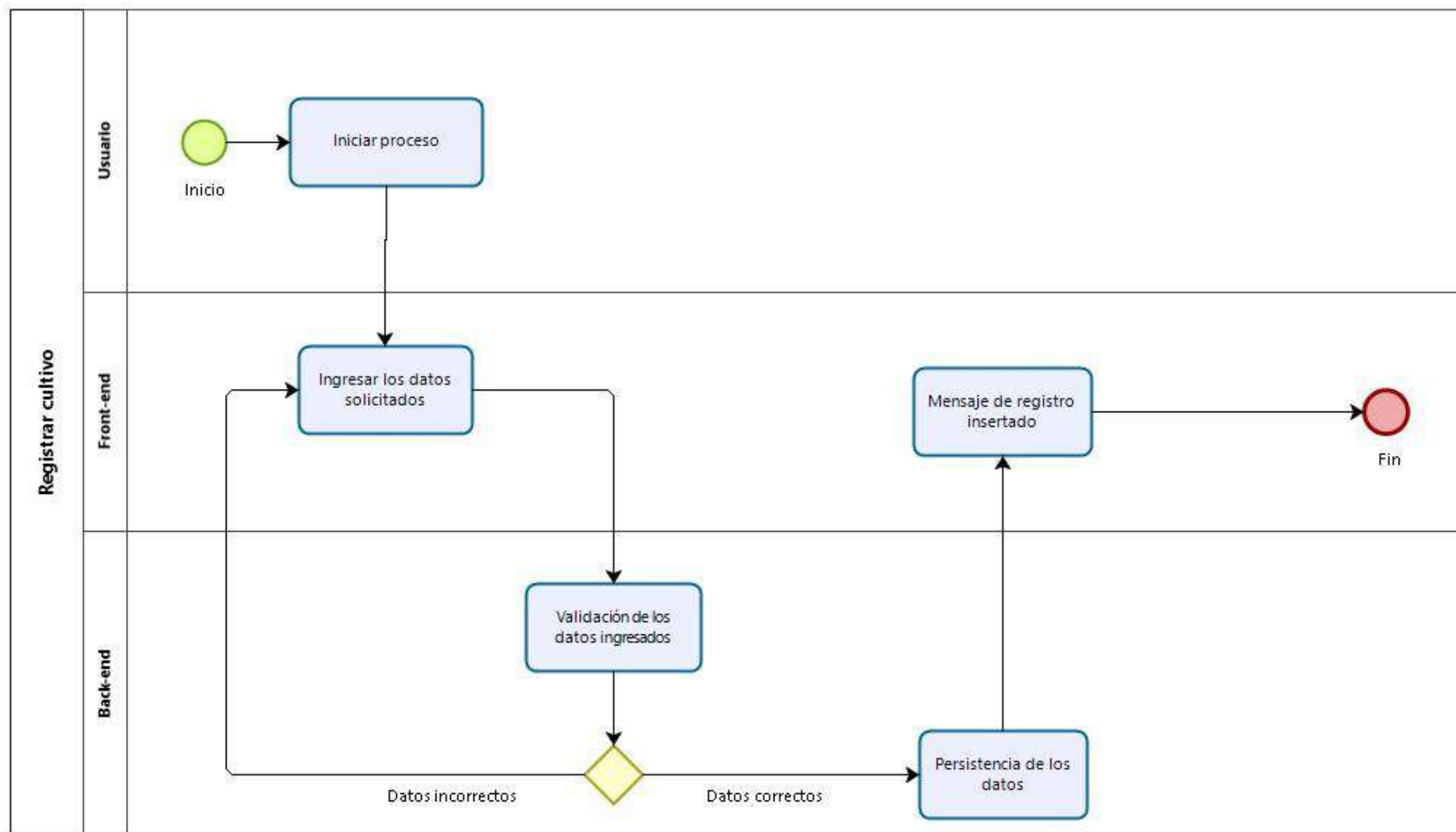


Figura 112 — Diagrama de procesos de registrar cultivo

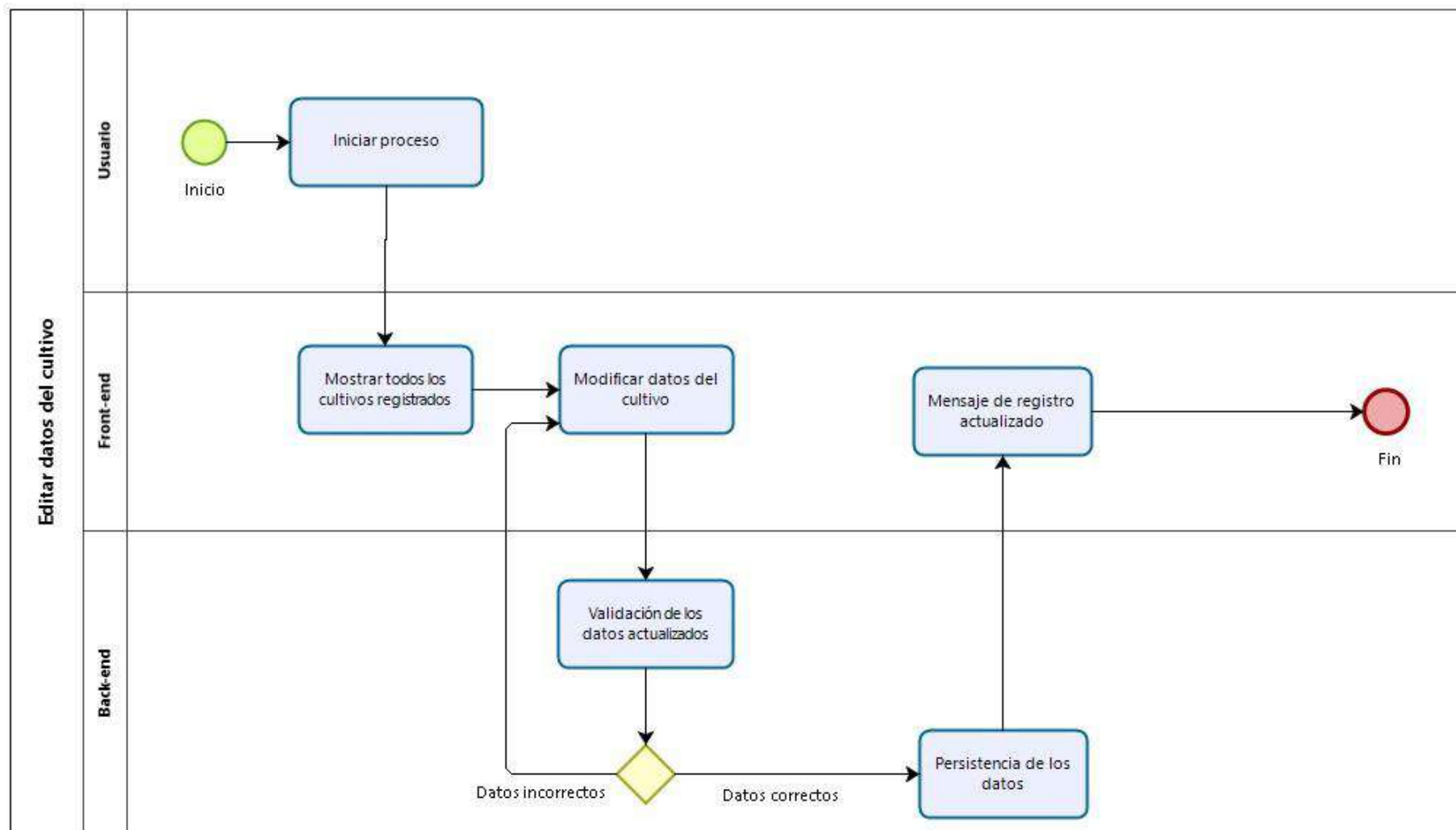


Figura 113 — Diagrama de procesos de editar datos del cultivo



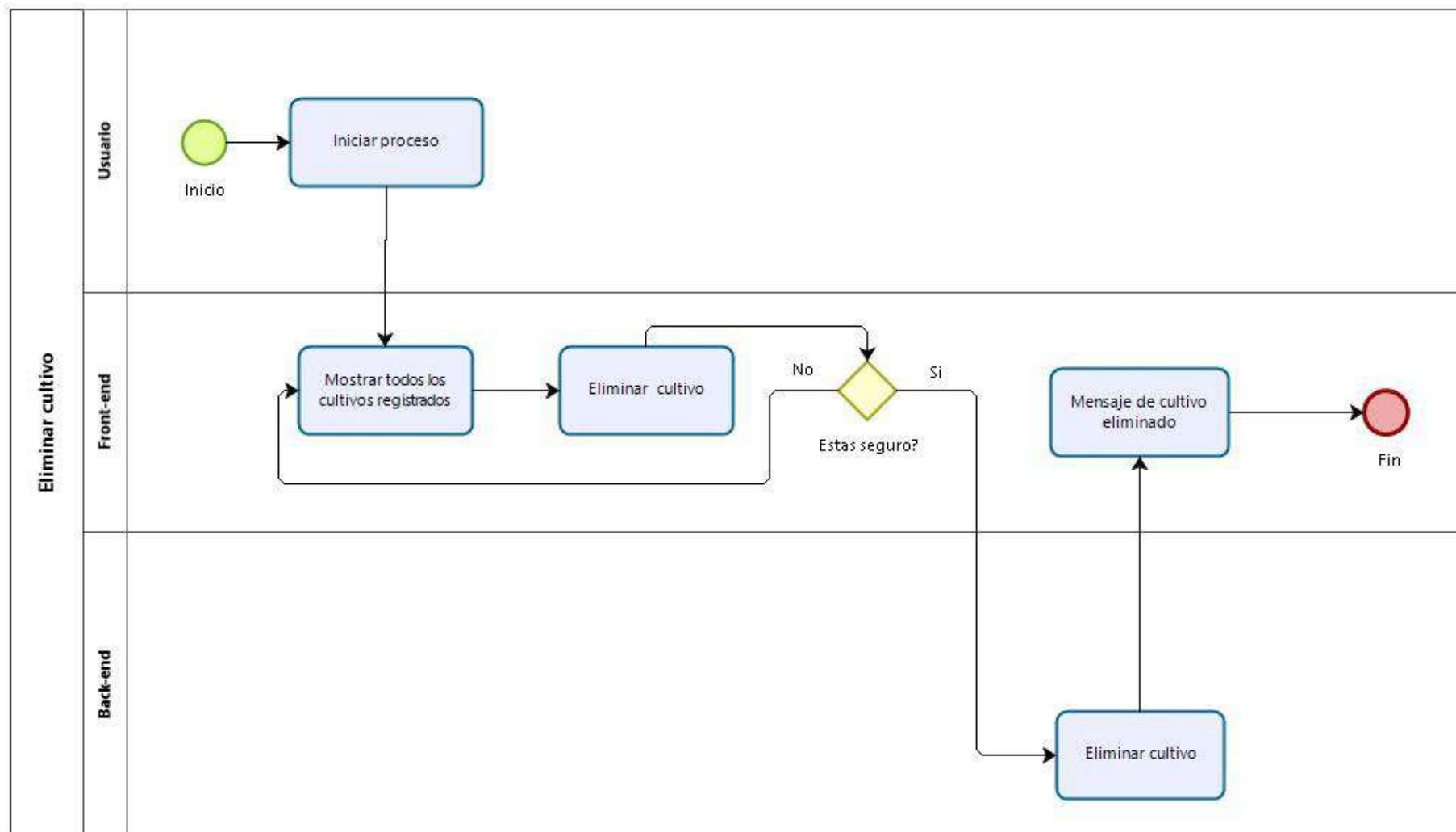


Figura 114 — Diagrama de procesos de eliminar cultivo

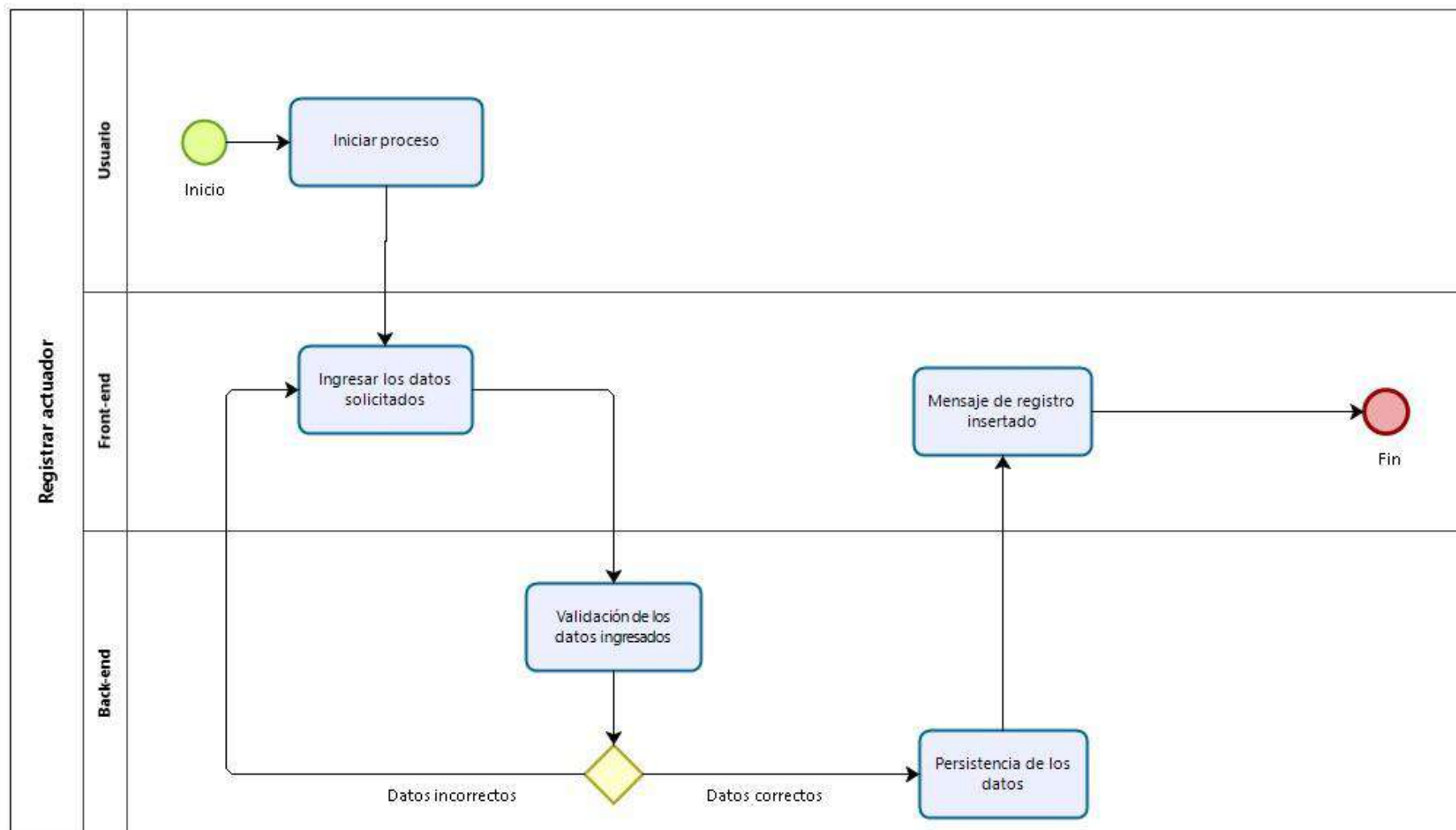


Figura 115 — Diagrama de procesos de registrar actuador

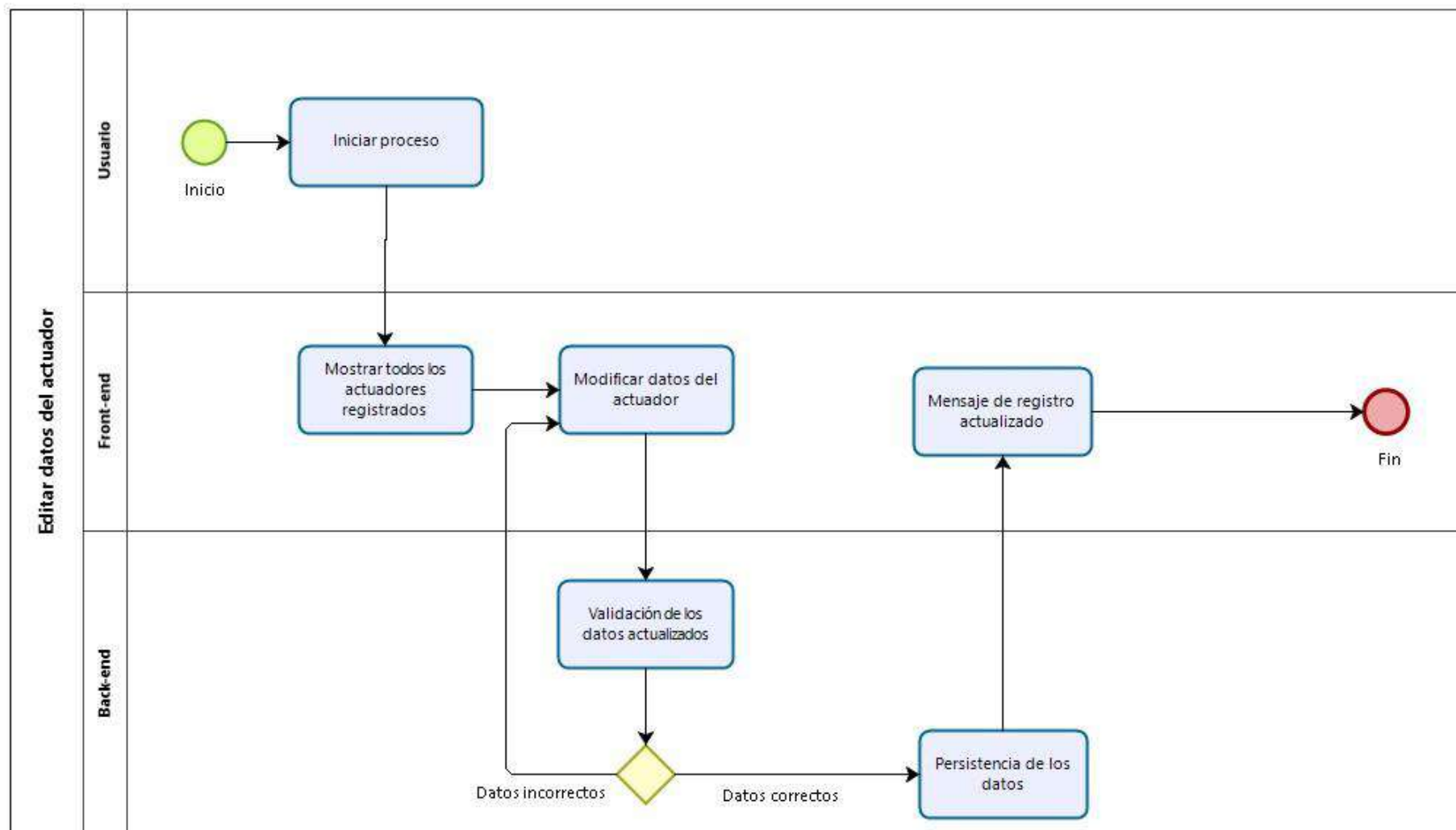


Figura 116 — Diagrama de procesos de editar datos del actuador

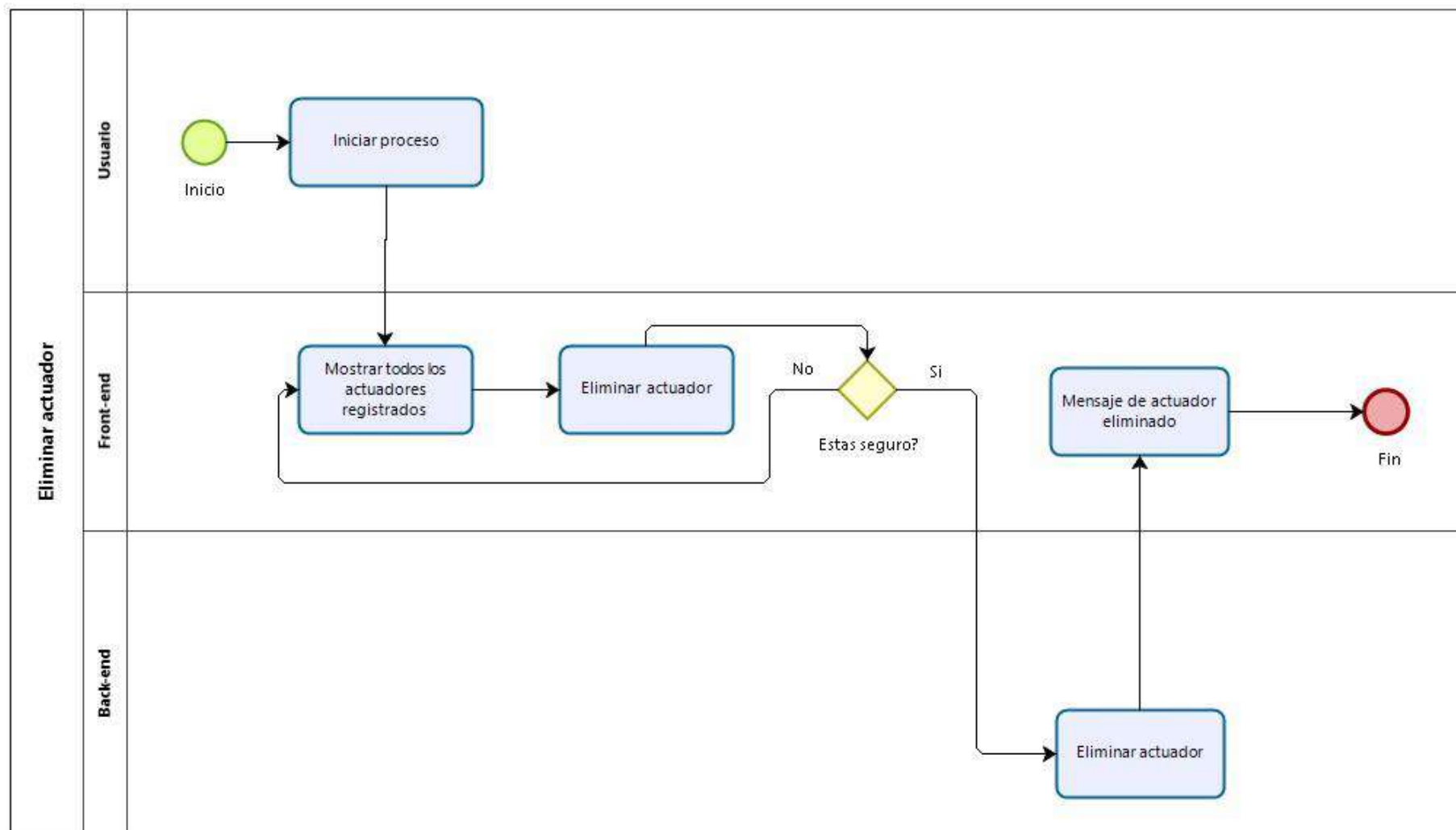


Figura 117 — Diagrama de procesos de eliminar actuador

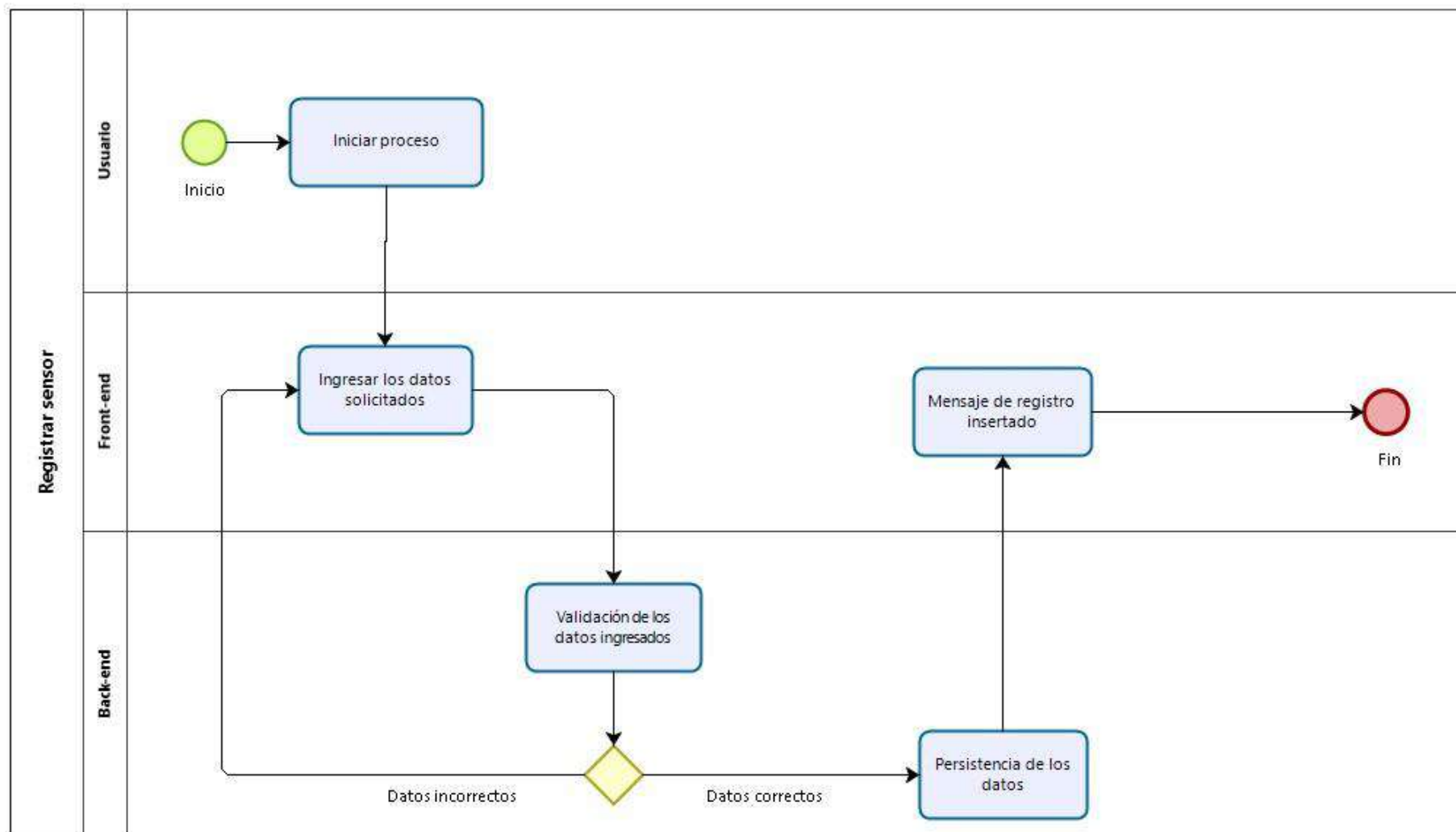


Figura 118 — Diagrama de procesos de registrar sensor

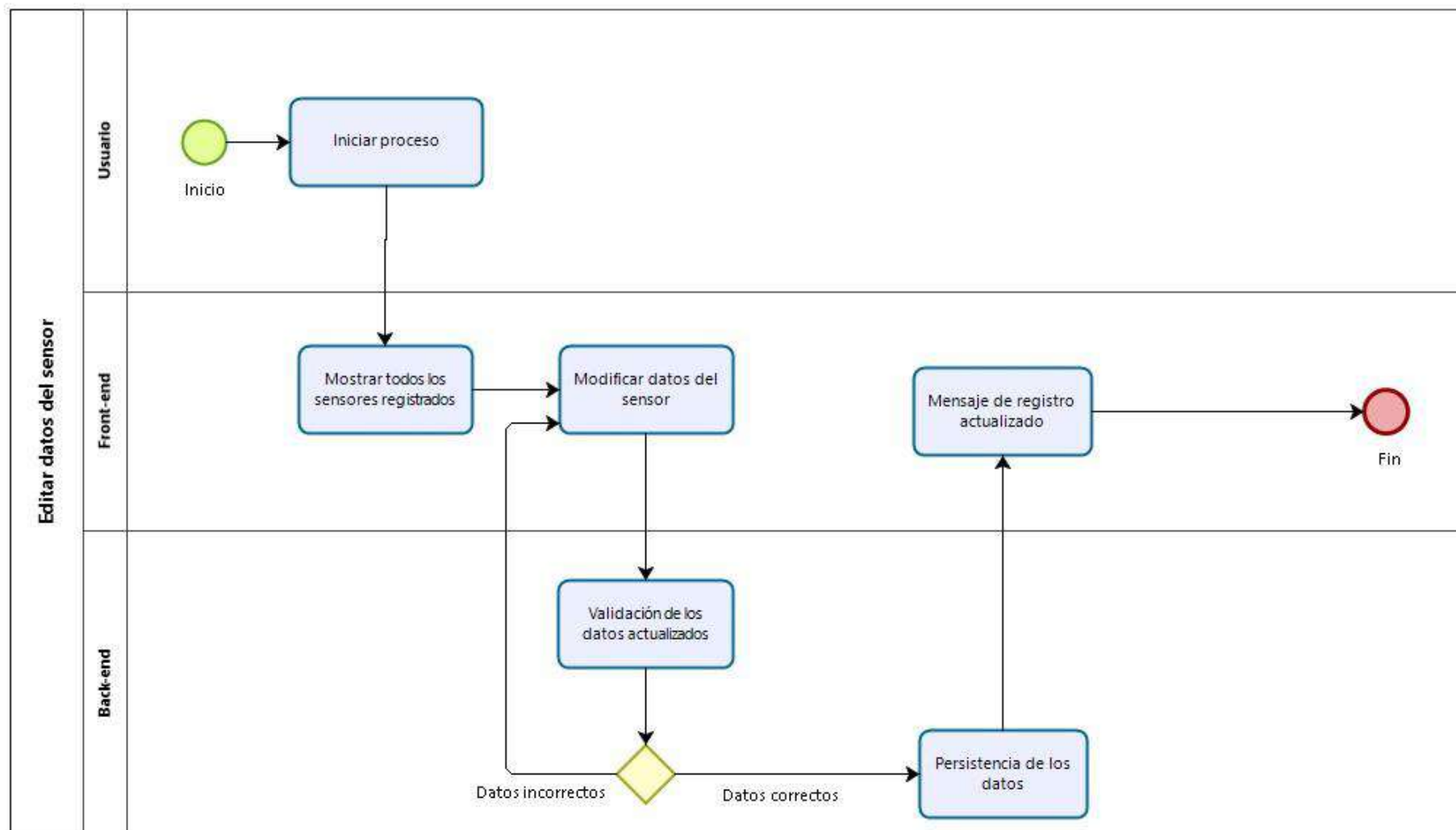


Figura 119 — Diagrama de proceso de editar datos del sensor

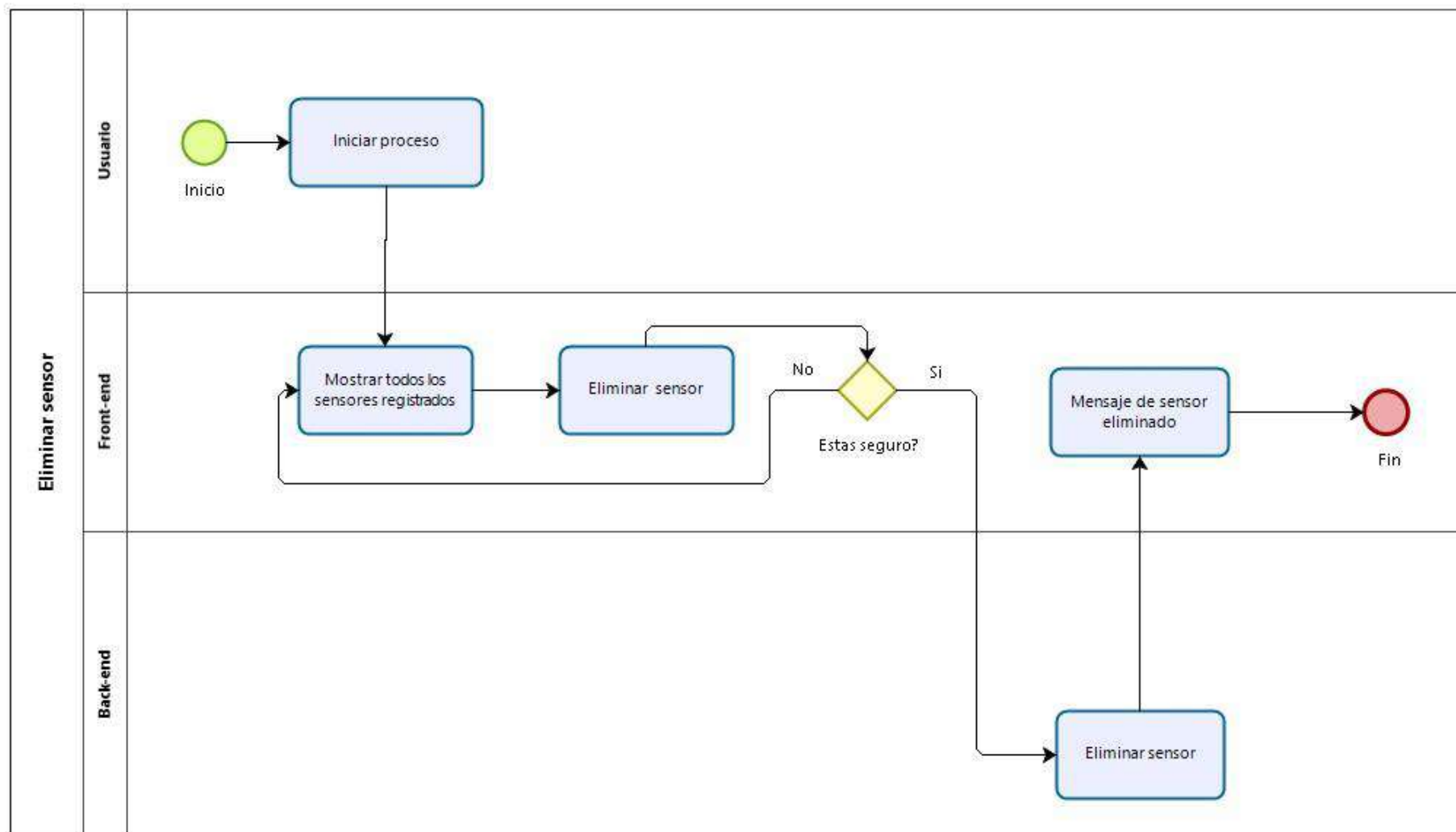


Figura 120 — Diagrama de procesos de eliminar sensor

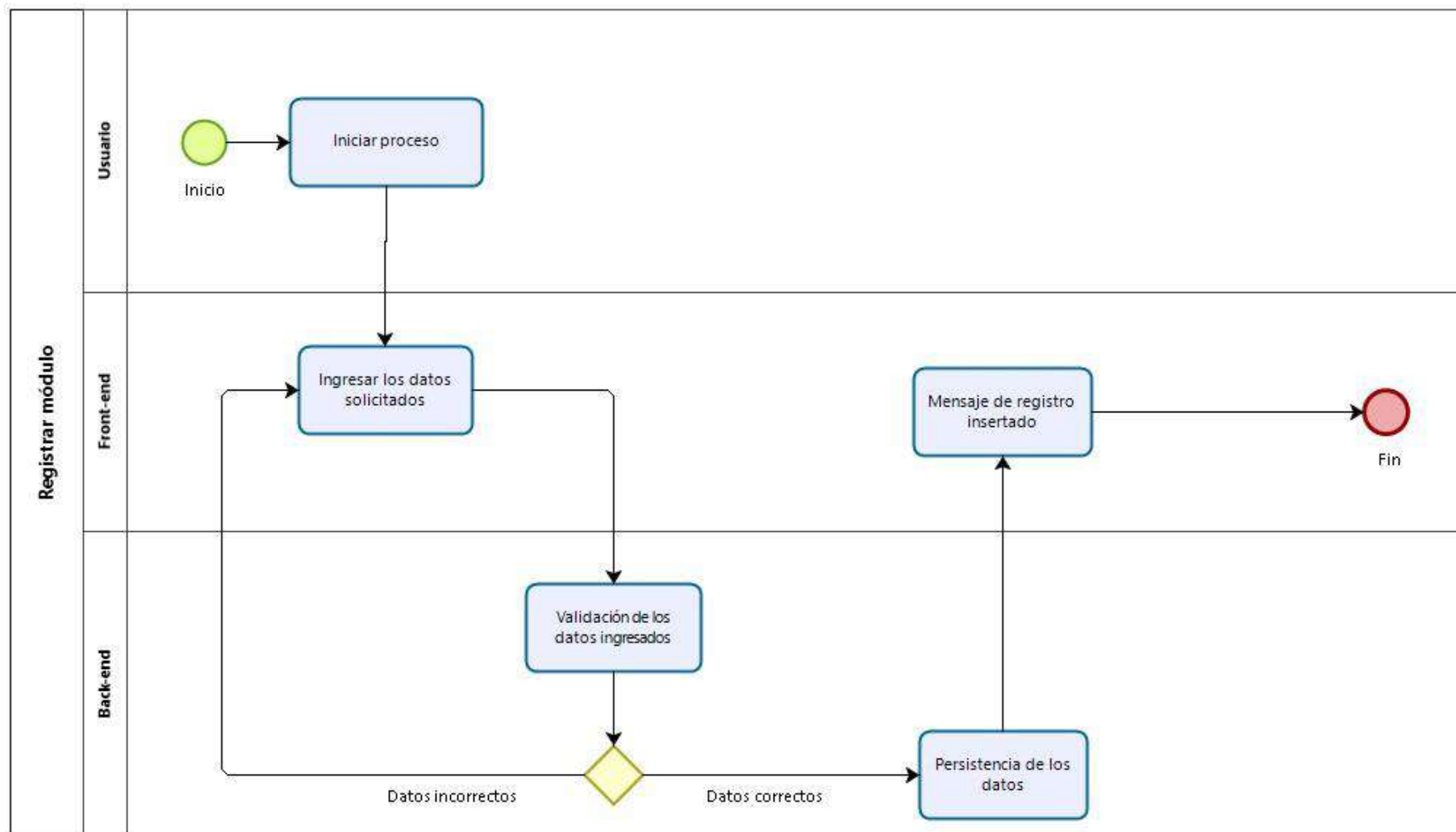


Figura 121 — Diagrama de procesos de registrar módulo

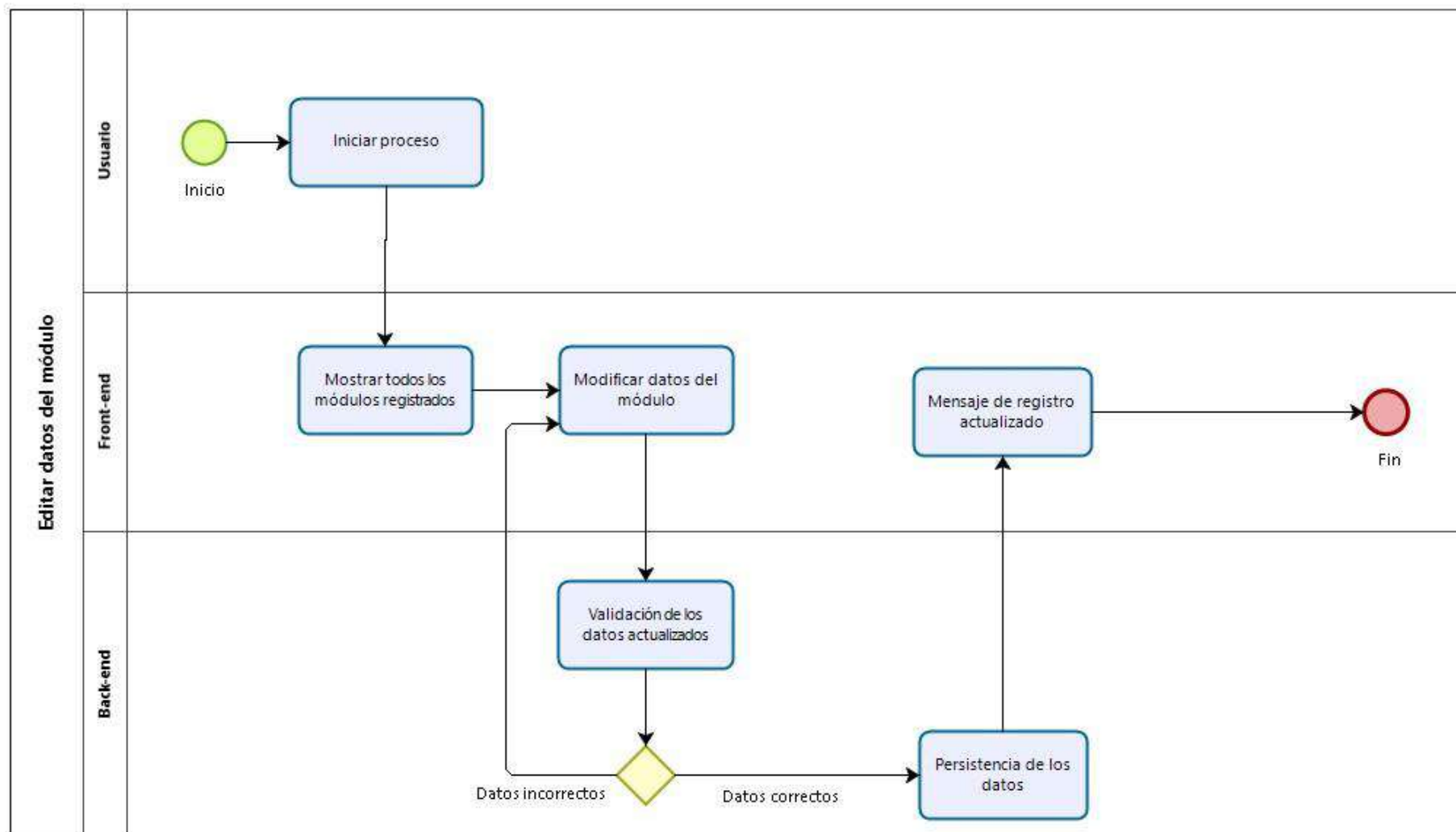


Figura 122 — Diagrama de procesos de editar datos del módulo

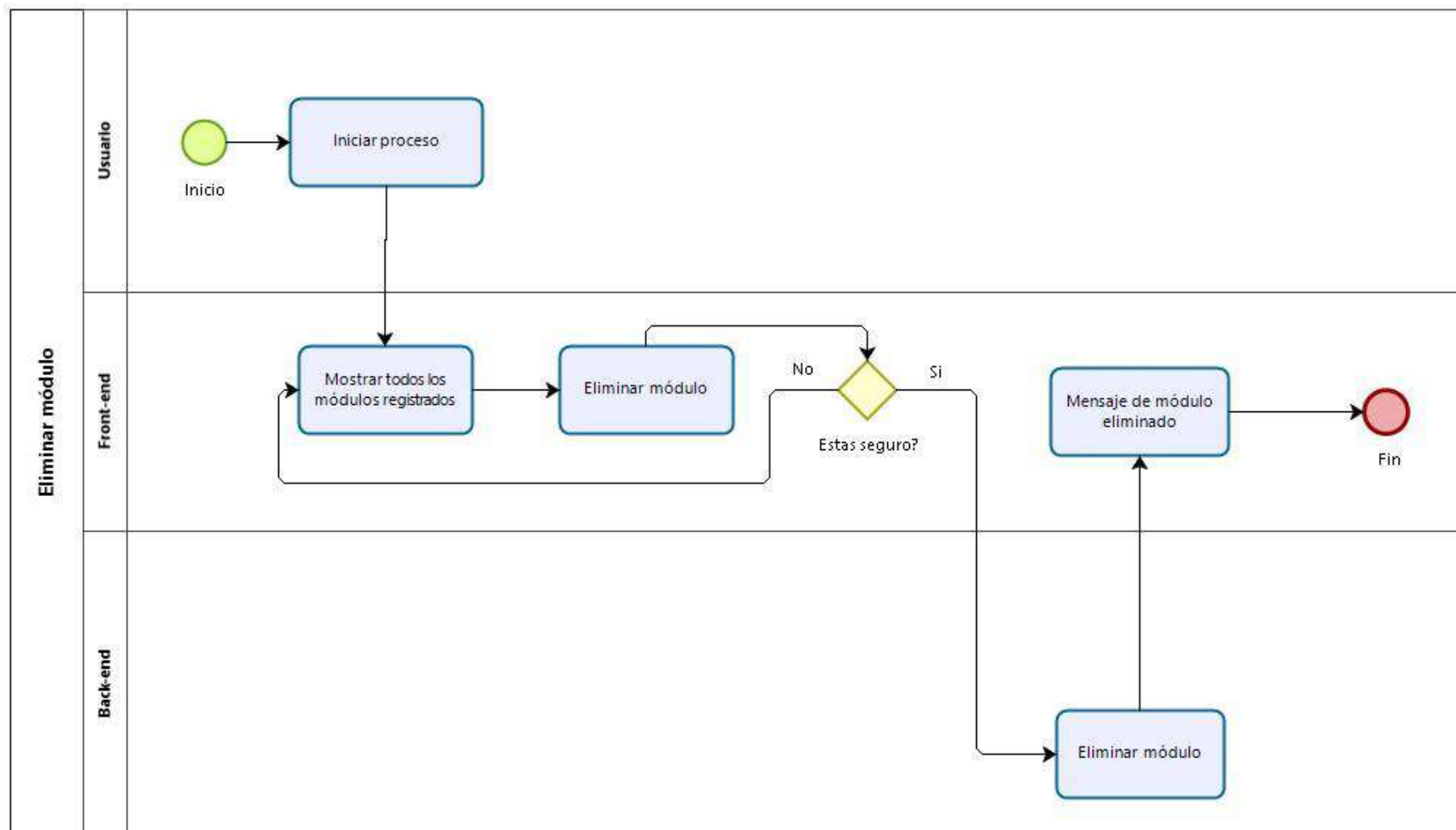


Figura 123 — Diagrama de procesos de eliminar módulo

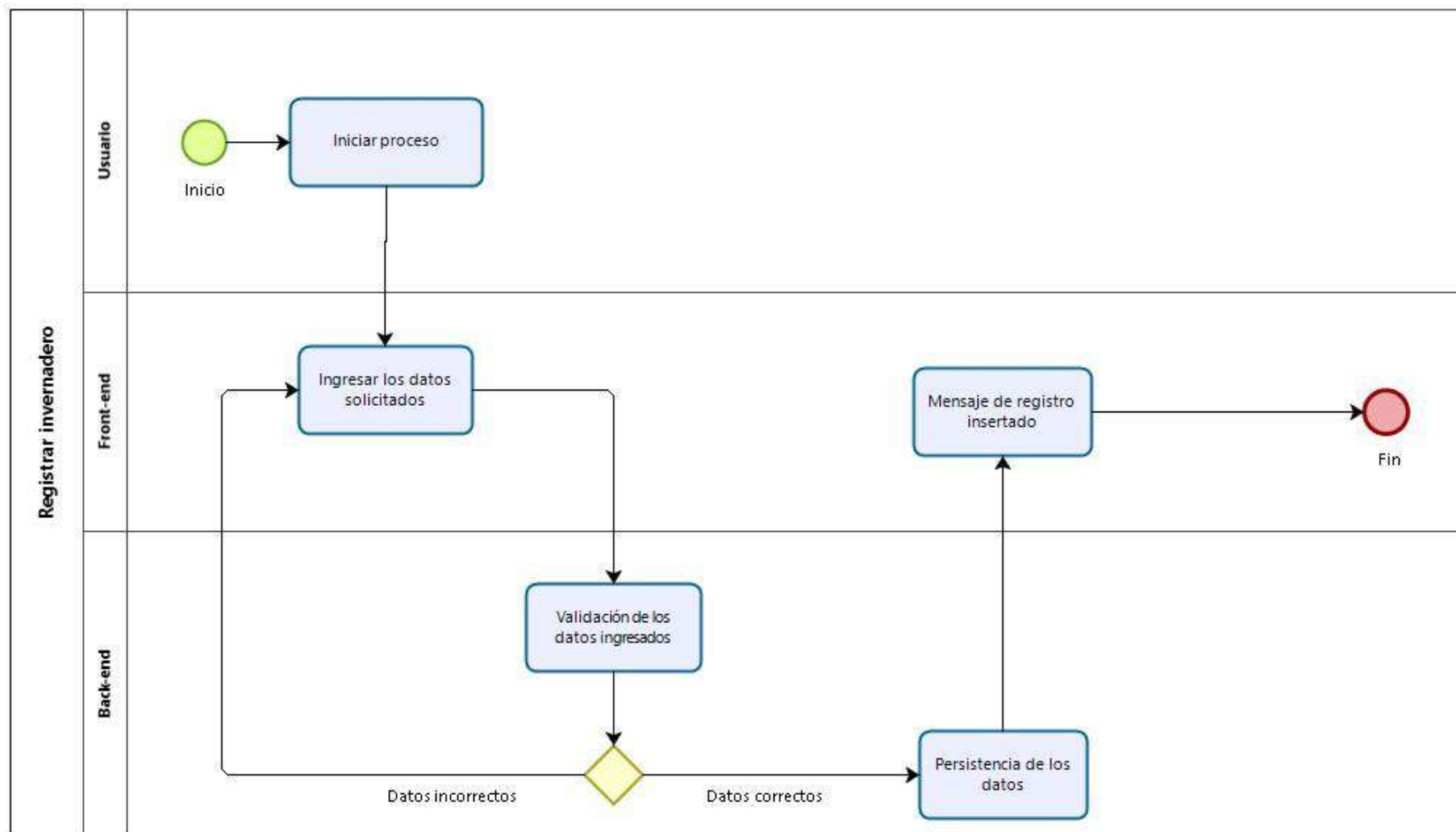


Figura 124 — Diagrama de procesos de registrar invernadero



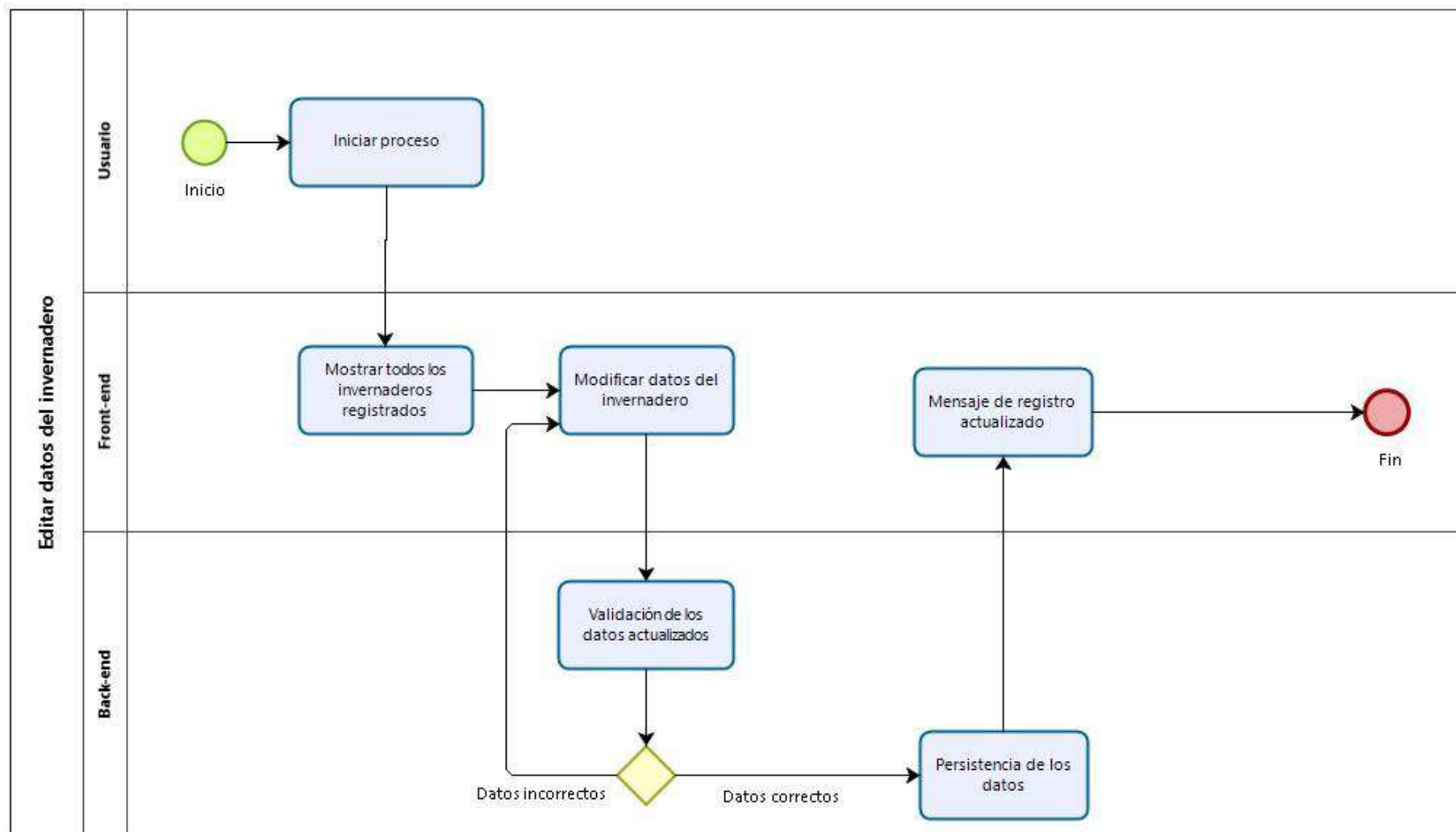


Figura 125 — Diagrama de procesos de editar datos del invernadero

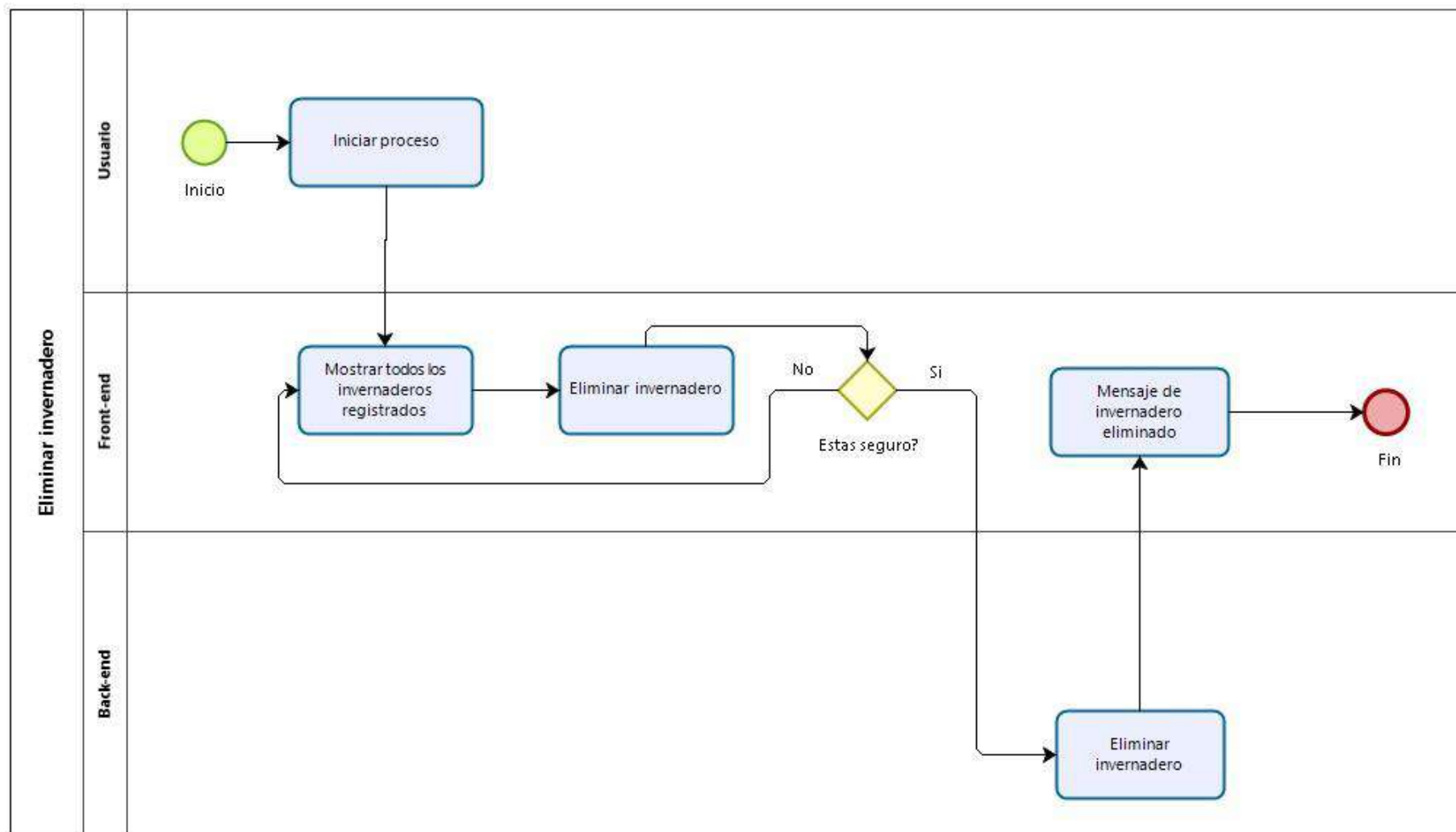


Figura 126 — Diagrama de procesos de eliminar invernadero

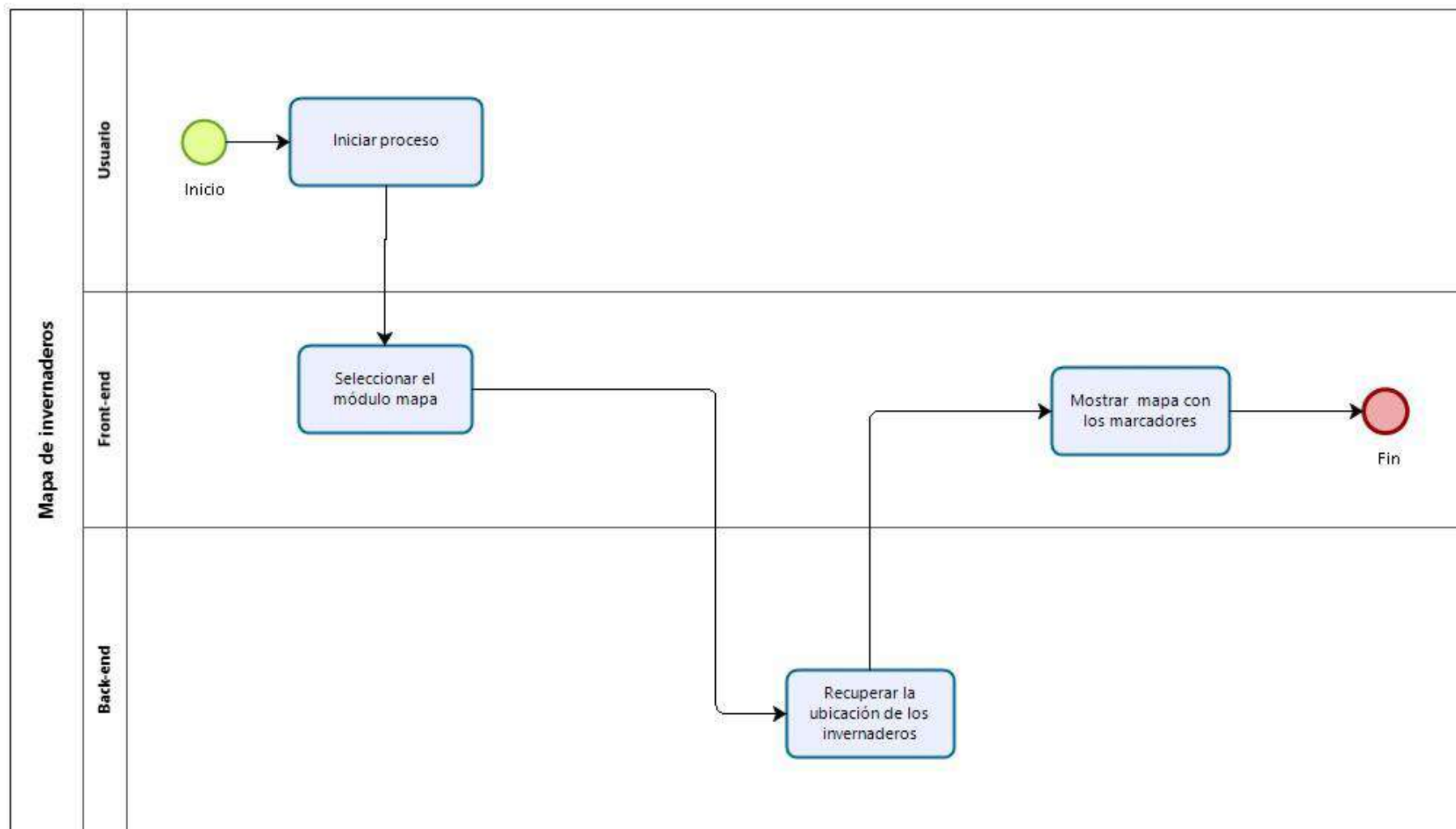


Figura 127 — Diagrama de procesos de mapa de invernaderos

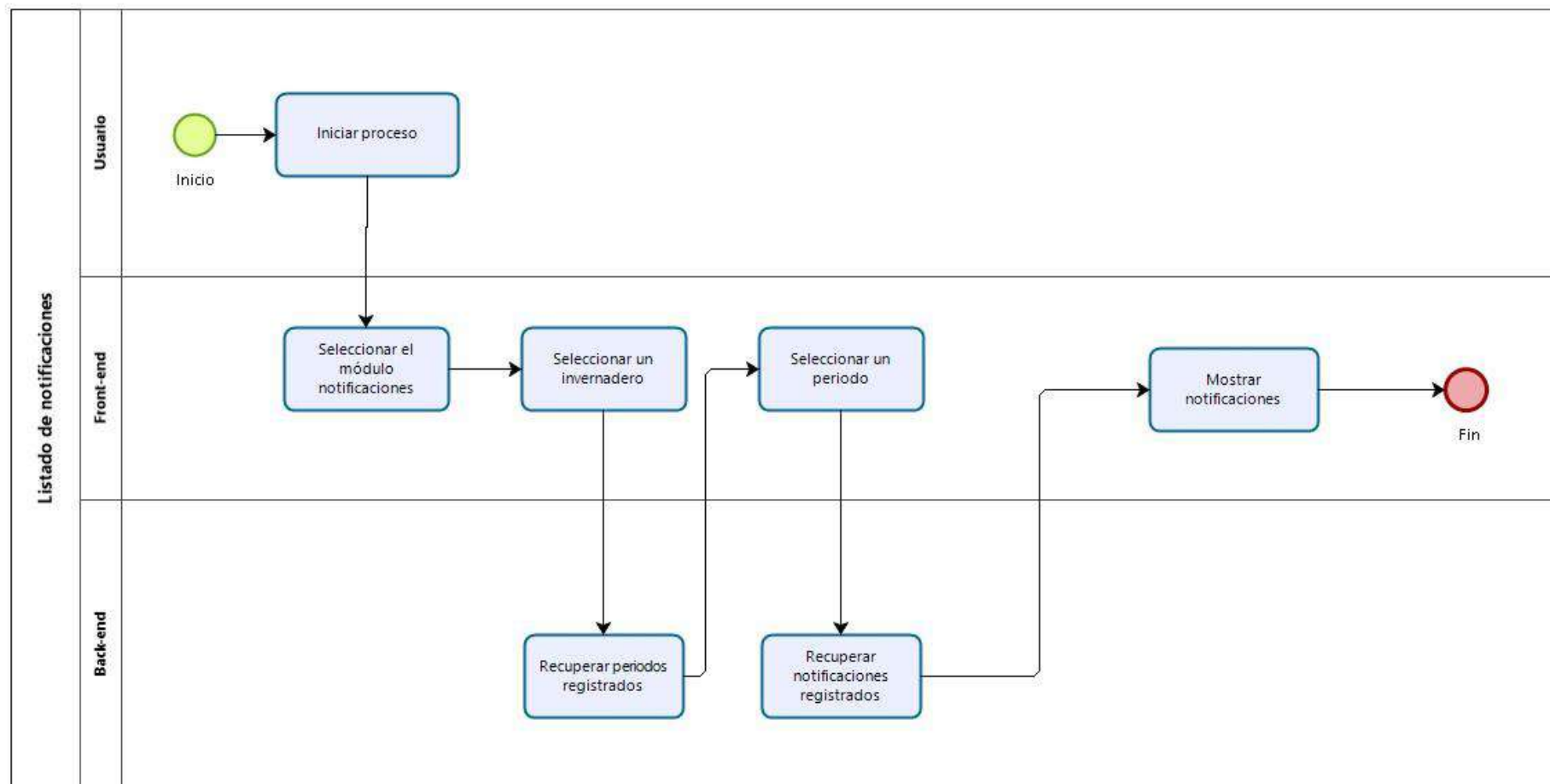


Figura 128 — Diagrama de procesos de listado de notificaciones

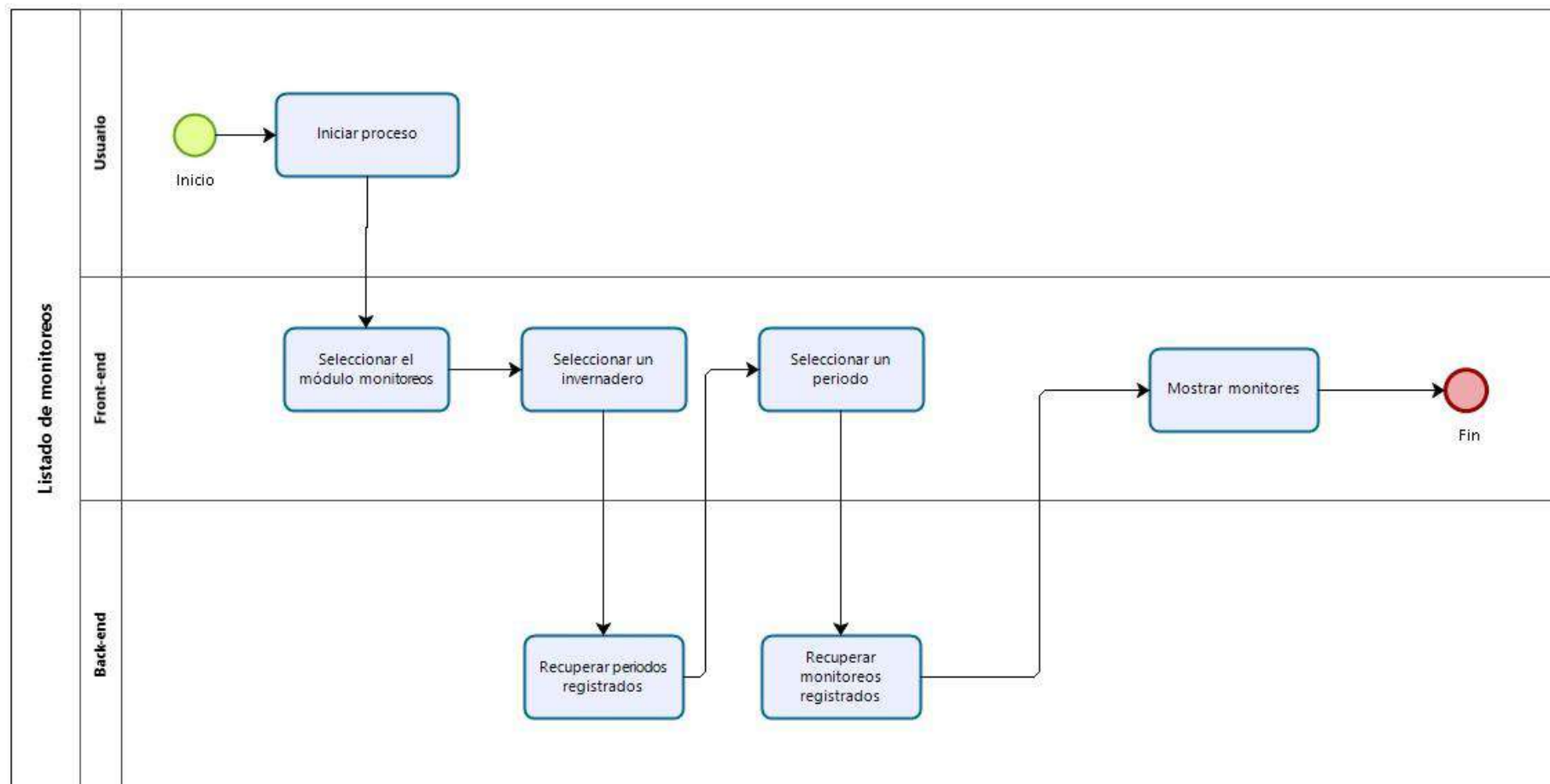


Figura 129 — Diagrama de procesos de listado de monitoreo

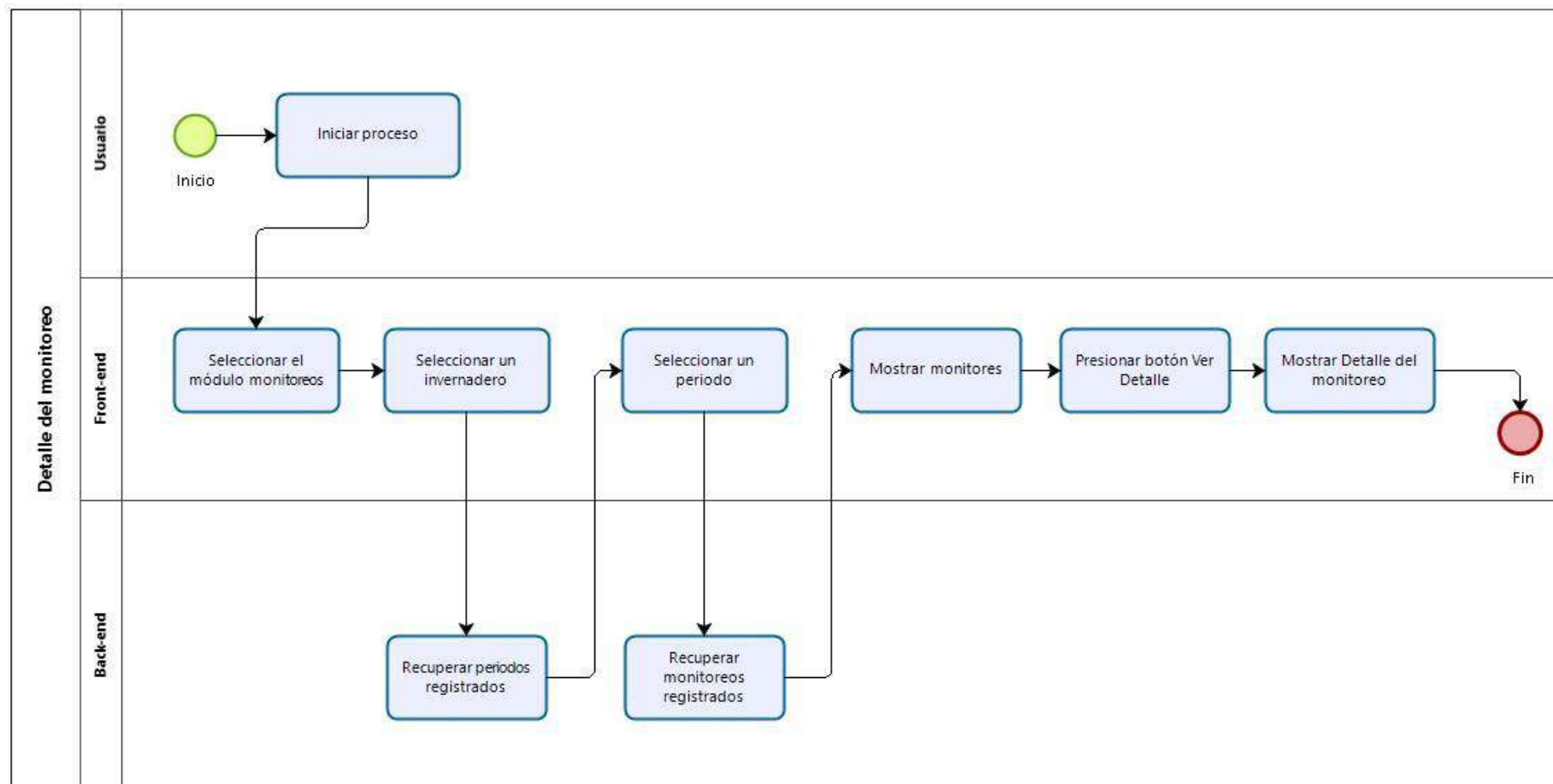


Figura 130 — Diagrama de procesos de detalle de monitoreo

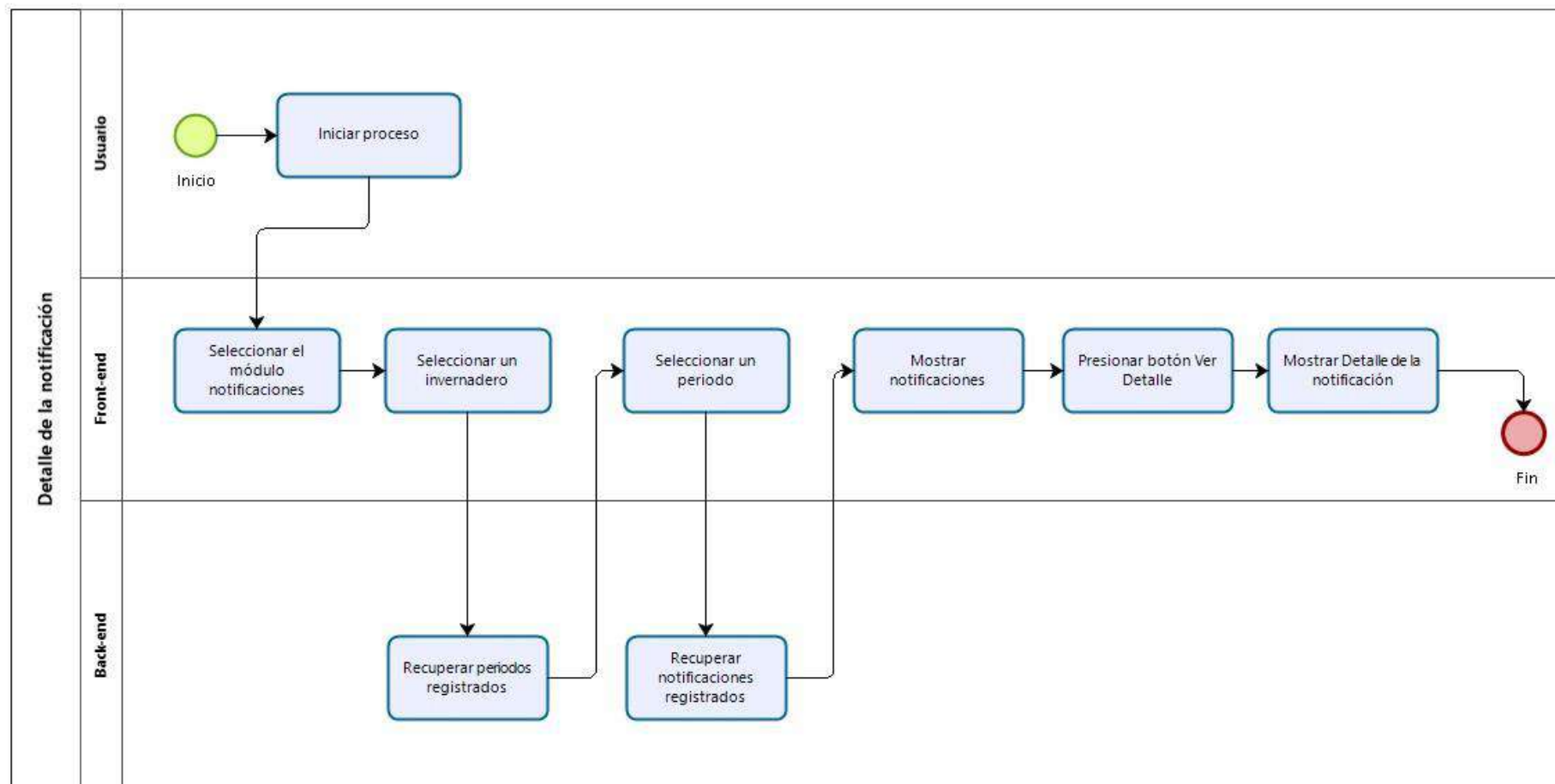


Figura 131 — Diagrama de procesos de detalle de la notificación

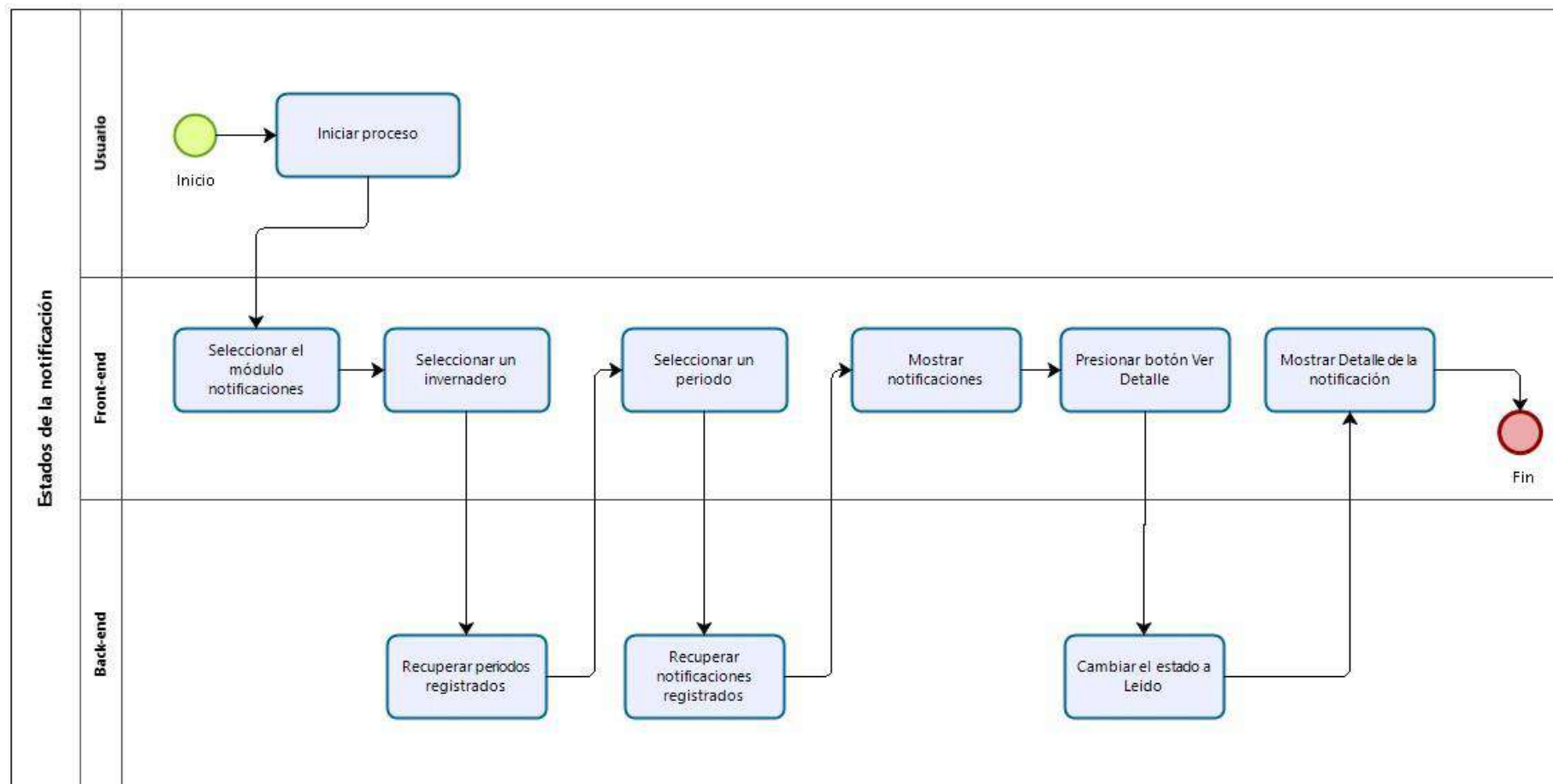


Figura 132 — Diagrama de procesos de estados de la notificación