

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

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS



Tesis

Sistema de riego automatizado para el cultivo de la fresa, en el centro de producción el  
Carmen, Pachar, Ollantaytambo, 2018

Presentado por:

Lisbeth Yuvithza Quispe Cordova

Para optar el título de Ingeniero Informático y Sistemas

Abancay, Perú

2025



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



TESIS

**Sistema de riego automatizado para el Cultivo de la fresa, en el Centro de Producción  
el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, 2018**

Presentado por **Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova** para optar el título de Ingeniero  
Informático y Sistemas

Sustentado y aprobado el 29 de abril 2025, ante el jurado el jurado evaluador:

**Presidente:**

  
Mag. Evelyn Najda Luque Ochoa


**Primer miembro:**

  
Mag. Francisco Cari Incahuancaco

**Segundo miembro:**

  
Mag. Mario Aquino Cruz

**Asesor:**

  
Ing. Nora Gladys Echeagaray Peña



*“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”*

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 267-2025

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 DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA EL CULTIVO DE LA FRESA, EN EL CENTRO DE PRODUCCIÓN EL CARMEN, PACHAR, OLLANTAYTAMBO, 2018”**, presentada por la Bach. **Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova**, 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 (21%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 10 de noviembre del 2025

Atentamente.



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
**Dra. Hermeinda Cármas Enríquez**  
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.  
Archivo  
REG. N° 304



### **Agradecimiento**

*A Dios, su amor y su bondad omnipotente con la que me permite lograr mis objetivos y poder sonreír con las personas más cercanas a mí, incluso cuando caigo y me pones a prueba, te lo agradezco padre todo poderoso y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.*

*A mi paciente asesora de tesis, Ing. Gladys Echegaray Peña, por su orientación y apoyo que han sido invaluable en el proceso de esta tesis. su conocimiento, paciencia y compromiso han sido fundamentales para mi éxito académico. Gracias por ser un mentor excepcional.*

*A la UNAMBA y a sus docentes por permitirme tener una carrera universitaria.*



### **Dedicatoria**

*A Dios, mi roca eterna, por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico.*

*A mis hermanos Manuel y Cristian, quienes siempre fueron mi inspiración y sostén, por su amor y enseñanzas siguen iluminando mi camino.*

*En profundo agradecimiento a mis queridos padres, quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Especialmente a mi madre Juana Córdova, ya que esta tesis es el testimonio de su sacrificio y amor, y un recordatorio constante de la importancia del trabajo duro y la educación en nuestras vidas.*

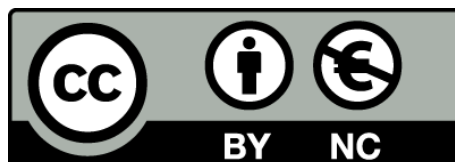
*Los amo profundamente.*



Sistema de riego automatizado para el cultivo de la fresa, en el centro de producción el  
Carmen, Pachar, Ollantaytambo, 2018

Línea de investigación: Ingeniería de software e innovación tecnológica

Esta publicación está bajo Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>RESUMEN</b>	3
<b>ABSTRACT</b>	4
<b>CAPÍTULO I</b>	5
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado el problema	7
1.2.1 Problema general	7
1.2.2 Problema específico	7
1.2.3 Justificación de la investigación	7
<b>CAPÍTULO II</b>	9
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>	9
2.1 Objetivos de la investigación	9
2.1.1 Objetivo general	9
2.1.2 Objetivo específico	9
2.2 Hipótesis de la investigación	10
2.2.1 Hipótesis general	10
2.2.2 Hipótesis específica	10
2.3 Operacionalización de variables	11
<b>CAPÍTULO III</b>	12
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	12
3.1 Antecedentes	12
3.1.1 A nivel internacional	12
3.1.2 A nivel nacional	16
3.1.3 A nivel local	21
3.2 Marco teórico	25



3.2.1	Sistema de riego automatizado	25
3.2.1.1	Riego agrícola o evapotranspiración	25
3.2.1.2	Riego tecnificado	28
3.2.1.3	Tipos de riego	29
3.2.1.4	Fertilización controlada	34
3.2.1.5	El agua	35
3.2.1.6	Concepto de pH del agua de riego	35
3.2.1.7	Humedad del suelo	36
3.2.1.8	Importancia de la humedad en las plantas	37
3.2.1.9	Riego automatizado	37
3.2.1.10	Programación de la automatización del riego	38
3.2.1.11	Componentes de un sistema de riego automatizado	39
3.2.1.12	Sistema de control automatizado	42
3.2.1.13	Norma de evaluación ISO 2500	43
3.2.1.14	Metodologías ágiles	46
3.2.2	Cultivo de la fresa	54
3.2.2.1	Origen del cultivo	54
3.2.2.2	Taxonomía y morfología	55
3.2.2.3	Requerimientos edafoclimáticos	57
3.2.2.4	Características de la fresa	59
3.3	Marco conceptual	59
3.3.1	Riego agrícola	59
3.3.2	Riego tecnificado	60
3.3.3	Sistema de riego	60
3.3.4	Factores climáticos o edafoclimáticos	60
3.3.5	Sistema de riego automatizado	60
3.3.6	Arduino	61
3.3.7	Microcontrolador	61
3.3.8	Sensor	61
3.3.9	Actuador	61
3.3.10	Sistema de control automatizado	61
3.3.11	Calidad de software	62
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>63</b>
<b>METODOLOGÍA</b>		<b>63</b>
4.1	Tipo y nivel de investigación	63



4.1.1	Tipo de investigación	63
4.1.2	Nivel de investigación	63
4.2	Diseño de investigación	63
4.3	Población y muestra	64
4.3.1	Población	64
4.3.2	Muestra	64
4.4	Procedimiento de la investigación	64
4.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	66
4.5.1	Técnica	66
4.5.2	Instrumentos de investigación	67
4.5.3	Instrumentos y recursos de hardware y software	68
4.5.4	Materiales e insumos	69
4.6	Análisis estadístico	69
<b>CAPÍTULO V</b>		70
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		70
5.1	Análisis de resultados	70
5.1.1	Implementación del sistema de control de riego automatizado	70
5.1.1.1	Visión del proyecto	70
5.1.1.2	Definiciones y acrónimos	70
5.1.1.3	Alcance	71
5.1.1.4	Actividades a desarrollar	72
5.1.1.	Análisis de los resultados de la calidad de software	88
5.1.1.1	Métricas de entendibilidad	89
5.1.1.2	Resultado de la entendibilidad	90
5.1.1.3	Métricas de funcionabilidad	91
5.1.1.4	Resultado de la adecuación funcional	92
5.1.1.5	Resultado de la adecuación usabilidad	92
5.1.1.6	Capacidad de aprendizaje	97
5.1.1.7	Sub función capacidad para reconocer su adecuación	98
5.1.1.8	Sub función estética de la interfaz de usuario	101
5.1.1.9	Determinación del mantenimiento	101
5.2	Contrastación de la hipótesis	102
5.2.1.	Contrastación de la hipótesis general	103
5.2.2.	Contrastación de la hipótesis específica 1	105
5.2.3.	Contrastación de la hipótesis específica 2	107



5.2.4. Contrastación de la hipótesis específica 3	110
5.3 Discusión	113
<b>CAPÍTULO VI</b>	116
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	116
6.1 Conclusiones	116
6.2 Recomendaciones	117
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	119
<b>ANEXOS</b>	121



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> – Operacionalización de variables	11
<b>Tabla 2</b> – Textura del suelo	26
<b>Tabla 3</b> – Características técnicas de arduino mega	40
<b>Tabla 4</b> – Eventos del equipo Scrum	51
<b>Tabla 5</b> – Clasificación de la fresa	55
<b>Tabla 6</b> – Recursos de hardware y software	68
<b>Tabla 7</b> – Materiales necesarios para	69
<b>Tabla 8</b> – Herramientas utilizadas en la construcción del fitotoldo	78
<b>Tabla 9</b> – Dispositivos electrónicos, herramientas utilizadas	79
<b>Tabla 10</b> – Asignación de roles	85
<b>Tabla 11</b> – Primer sprint	86
<b>Tabla 12</b> – Segundo sprint	87
<b>Tabla 13</b> – Tercer sprint	88
<b>Tabla 14</b> – Métrica entendibilidad	89
<b>Tabla 15</b> – Métrica implementación funcional	91
<b>Tabla 16</b> – Pregunta 1	93
<b>Tabla 17</b> – Pregunta 2	94
<b>Tabla 18</b> – Pregunta 3	95
<b>Tabla 19</b> – Pregunta 4	96
<b>Tabla 20</b> – Pregunta 5	97
<b>Tabla 21</b> – Pregunta 6	98
<b>Tabla 22</b> – Pregunta 7	99
<b>Tabla 23</b> – Pregunta 8	100
<b>Tabla 24</b> – Pregunta 9	101
<b>Tabla 25</b> – Pregunta 10	102
<b>Tabla 26</b> – Control de riego, etapa vegetativa 1, sin sistema	140
<b>Tabla 27</b> – Control de riego, etapa vegetativa 1, con sistema	141
<b>Tabla 28</b> – Control de riego, etapa vegetativa 2, sin sistema	142
<b>Tabla 29</b> – Control de riego, etapa vegetativa 2, con sistema	144
<b>Tabla 30</b> – Control de riego, etapa reproductiva, sin sistema	146
<b>Tabla 31</b> – Control de riego, etapa reproductiva, con sistema	148
<b>Tabla 32</b> – Control de riego, etapa productiva, sin sistema	149
<b>Tabla 33</b> – Control de riego, etapa productiva, con sistema	151
<b>Tabla 34</b> – Control de riego, etapa productiva, con sistema	152
<b>Tabla 35</b> – Control de riego, etapa de cosecha, sin sistema	154
<b>Tabla 36</b> – Control de riego, etapa de cosecha, con sistema	155
<b>Tabla 37</b> – Cosecha kg, por semana, sin sistema	163



<b>Tabla 38</b> – Cosecha kg, por semana, con sistema	166
<b>Tabla 39</b> – Instrumento de encuesta, para la investigación	171
<b>Tabla 40</b> – Distribución de preguntas de la encuesta	172
<b>Tabla 41</b> – Tabla de resultados de encuestados	173
<b>Tabla 42</b> – Historial de usuario 1	175
<b>Tabla 43</b> – Historial de usuario 2	176
<b>Tabla 44</b> – Historial de usuario 3	177
<b>Tabla 45</b> – Tarea – historial de usuario 1	178
<b>Tabla 46</b> – Tarea – historial de usuario 2	178
<b>Tabla 47</b> – Tarea - historial de usuario 3	178
<b>Tabla 48</b> – Tarea - historial de usuario 4	179
<b>Tabla 49</b> – Tarea -historial de usuario 5	180
<b>Tabla 50</b> – Tarea - historial de usuario 6	180
<b>Tabla 51</b> – Tarea - historial de usuario 7	181
<b>Tabla 52</b> – Tarea - historial de usuario 8	181
<b>Tabla 53</b> – Tarea - historial de usuario 9	182
<b>Tabla 54</b> – Tarea - historial de usuario 10	182
<b>Tabla 55</b> – Tarea - historial de usuario 11	182
<b>Tabla 56</b> – Tarea - historial de usuario 12	183



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> – Pérdidas por escurrimiento.	25
<b>Figura 2</b> – Factores que influyen en la evapotranspiración	28
<b>Figura 3</b> – Riego por surcos	30
<b>Figura 4</b> – Riego por melgas	31
<b>Figura 5</b> – Riego por aspersión	32
<b>Figura 6</b> – Riego por microaspersión	32
<b>Figura 7</b> – Riego por goteo.	34
<b>Figura 8</b> – Variables <b>físicas</b> que pueden ser usadas para el riego automatizado	41
<b>Figura 9</b> – Elementos de un sistema de control automatizado	42
<b>Figura 10</b> – Sistema de control automatizado	43
<b>Figura 11</b> – Proceso de la metodología Scrum	54
<b>Figura 12</b> – Fruto de fresa variando de color	56
<b>Figura 13</b> – Plano vista frontal	72
<b>Figura 14</b> – Plano vista lateral	73
<b>Figura 15</b> – Plano 2D	73
<b>Figura 16</b> – Instalación de la cubierta del fitotoldo	74
<b>Figura 17</b> – Plano de las lomadas - plano 2D	74
<b>Figura 18</b> – Instalación de cintas de riego	75
<b>Figura 19</b> – Instalación y conexión de agua dentro de la estructura	76
<b>Figura 20</b> – Instalación y conexión de agua fuera de la estructura	77
<b>Figura 21</b> – Diagrama de bloques del sistema de control de riego automatizado	81
<b>Figura 22</b> – Circuito de control de riego	82
<b>Figura 23</b> – Arquitectura del sistema automatizado de riego	84
<b>Figura 24</b> – Pregunta 1	93
<b>Figura 25</b> – Pregunta 2	94
<b>Figura 26</b> – Pregunta 3	95
<b>Figura 27</b> – Pregunta 4	96
<b>Figura 28</b> – Pregunta 5	97
<b>Figura 29</b> – Pregunta 6	98
<b>Figura 30</b> – Pregunta 7	99
<b>Figura 31</b> – Pregunta 8	100
<b>Figura 32</b> – Pregunta 9	101
<b>Figura 33</b> – Pregunta 10	102
<b>Figura 34</b> – Zona de rechazo y aceptación de la hipótesis general	104
<b>Figura 35</b> – Zona de rechazo y aceptación hipótesis específica 1	106
<b>Figura 36</b> – Proceso vegetativo o ciclo de producción	107
<b>Figura 37</b> – Zona de rechazo y aceptación de la hipótesis específica 2	109



<b>Figura 38</b> – Uso del agua en el ciclo de producción	109
<b>Figura 39</b> – Zona de rechazo y aceptación de la hipótesis específica 3	111
<b>Figura 40</b> – Producción de fresa	112
<b>Figura 41</b> – Semanas de producción de la fresa	112
<b>Figura 42</b> – Lomadas - Plano 2D	184
<b>Figura 43</b> – Instalación de cintas de riego	185
<b>Figura 44</b> – Instalación y conexión de agua dentro de la estructura	186
<b>Figura 45</b> – Instalación y conexión de agua fuera de la estructura	187
<b>Figura 46</b> – Plano de hoyos	188
<b>Figura 47</b> – Cubierta de plástico - hoyos para las plántulas	188
<b>Figura 48</b> – Brote de las primeras hojas	189
<b>Figura 49</b> – Desarrollo de hojas	189
<b>Figura 50</b> – Vegetación	190
<b>Figura 51</b> – Podado de hojas	190
<b>Figura 52</b> – floración de planta	191
<b>Figura 53</b> – Replanteo de plántulas	191
<b>Figura 54</b> – Limpieza de malas hierbas	192
<b>Figura 55</b> – Podado de hojas	192
<b>Figura 56</b> – Brote de estolones	193
<b>Figura 57</b> – Primeros frutos	193
<b>Figura 58</b> – Frutos para cosecha	194
<b>Figura 59</b> – frutos cosechados	194



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito principal la implementación de un sistema de riego automatizado para mejorar el cultivo de la fresa, este sistema está basado en el uso de la tecnología que permita el control de factores edafoclimáticos, como la temperatura y humedad de suelo que afectan al proceso de cultivo de la fresa, este hecho repercute en mejorar el rendimiento de la producción de la fresa en forma significativa obteniéndose una fruta de mejor presentación y en mayor cantidad, además que el periodo de cultivo de fresa se ampliara a cualquier época del año, debido a que es bajo un invernadero, razón por la que muchos agricultores podrán dedicarse a este cultivo en cualquier época del año.

Por otro lado, un conocimiento de las necesidades de agua y fertilización de los cultivos no sólo permite un mejor desarrollo para lograr una mayor producción y mejor calidad de las cosechas, sino que contribuye también a ahorrar considerables volúmenes de agua y disminuir la contaminación ambiental.

El presente trabajo de investigación consta de seis capítulos: el primer capítulo se describe el problema, motivo por el cual se desarrolla el presente trabajo, al mismo tiempo se plantea el enunciado del problema y la justificación de porqué se desarrolla la investigación; en el segundo capítulo se plantean los objetivos y la hipótesis de la investigación. En el tercer capítulo se describe el marco teórico de la investigación, donde se ha considerado trabajos de investigación internacionales, nacionales y locales similares al trabajo en estudio los cuales que se tomarán en cuenta para la discusión con nuestro estudio; así mismo se presenta las bases teóricas que explican la teoría relacionada con ambas variables y la definición de términos básicos utilizados en el presente proyecto de investigación. En el cuarto Capítulo trata de la metodología de la investigación, Técnicas e instrumentos utilizados en el presente estudio de investigación, así como el método que se utilizará para analizar los datos obtenidos durante la investigación. El quinto capítulo se compone de una descripción detallada de los resultados obtenidos con el sistema de riego automatizado y el sistema de riego manual, para cuyo efecto se realizó la



contrastación de las hipótesis respectivas. Finalmente, en el capítulo seis se presenta las conclusiones a las cuales se llegó con el trabajo de investigación y se hace las respectivas recomendaciones para futuras investigaciones.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad mejorar el proceso de cultivo de la fresa en invernadero (a cielo cerrado) mediante la implementación de un sistema de riego automatizado, diseñado para controlar factores ambientales como la temperatura y la humedad del suelo, los cuales influyen directamente en el desarrollo del cultivo. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con nivel experimental y diseño cuasi experimental, ya que se compararon los resultados entre el sistema de riego tecnificado-manual utilizado en campo abierto (SSRA) y el sistema de riego automatizado implementado en invernadero (CSRA), considerando principalmente la humedad del suelo. Los resultados evidenciaron que el sistema automatizado permitió reducir el ciclo de producción de la fresa de 133 días (SSRA) a 104 días (CSRA), optimizar el uso del agua de riego disminuyéndolo de 92.4 m<sup>3</sup> a 62.9 m<sup>3</sup>, incrementar los días de cosecha y, en consecuencia, aumentar la cantidad de producción, obteniendo además frutos con mejor presentación. Con el sistema automatizado se alcanzó una producción de 262.36 kg, frente a los 158.99 kg obtenidos con el sistema manual. En conclusión, la implementación del sistema de riego automatizado mejoró significativamente el cultivo de la fresa, acortando el tiempo de producción, haciendo un uso más eficiente del agua y logrando un incremento tanto en la cantidad como en la calidad del fruto.

**Palabras clave:** *arduino, ciclo de producción, riego automatizado, sensor, válvula de control de agua.*



## ABSTRACT

The present research aimed to improve the strawberry cultivation process in greenhouses (closed-field conditions) through the implementation of an automated irrigation system designed to control environmental factors such as temperature and soil moisture, which directly influence crop development. The methodology employed was applied research, with an experimental level and a quasi-experimental design, as results were compared between the semi-technified manual irrigation system used in open-field cultivation (SSRA) and the automated irrigation system implemented in greenhouses (CSRA), with a primary focus on soil moisture. The results showed that the automated system reduced the strawberry production cycle from 133 days (SSRA) to 104 days (CSRA), optimized irrigation water use by decreasing it from 92.4 m<sup>3</sup> to 62.9 m<sup>3</sup>, increased harvest days, and consequently enhanced production yield, while also obtaining fruits with better appearance. With the automated system, a production of 262.36 kg was achieved, compared to the 158.99 kg obtained with the manual system. In conclusion, the implementation of the automated irrigation system significantly improved strawberry cultivation by shortening the production cycle, ensuring more efficient water use, and achieving an increase in both the quantity and quality of the fruit..

**Keywords:** *arduino, automated irrigation, production cycle, sensor, water control valve.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

Cada día en más regiones del mundo el agua se convierte en un recurso escaso y costoso, siendo la agricultura el mayor consumidor de agua, motivo por el cual se deben tomar medidas para hacer un uso más eficiente de este recurso natural. Según una serie de estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en los países en desarrollo durante los próximos 30 años se podría aumentar el área regada en un 34% y se necesitaría un 14% más de agua para lograrlo. Esto implica el cambio en la dieta básica en amplias y pobladas zonas del mundo hacia cultivos de menor consumo de agua y la mejora en la eficiencia global del riego, mediante la aplicación de técnicas de programación y el uso de sistemas de riego que permitan obtener la máxima eficiencia posible del agua, ajustándolos a las condiciones que presenta cada cultivo en particular.

Desde la época prehistórica, una de las mayores dificultades de la agricultura es la meteorología, ya que los cultivos son dependientes de los factores ambientales. Ciertos factores como la humedad, la temperatura, el viento, la conductividad, lluvia, etc., afectan positivamente o negativamente al cultivo, por lo que es preciso conocerlos de forma inmediata y tomar decisiones sobre los tratamientos a realizar en caso necesario, y esto se puede lograr con la incorporación de la tecnología a los procesos de cultivo, con el fin de aumentar el rendimiento de los cultivos mediante una mejor planificación y una gestión más inteligente.

Se sabe que, los recursos hídricos, a la vez que limitados, son esenciales para la vida, y tan solo un pequeño porcentaje del agua dulce del mundo está disponible para consumo

humano y para la agricultura. Sumado a esto, la población mundial, en constante crecimiento, demanda cada vez más cantidad de este líquido.

La problemática identificada es, el tipo de riego que realizan los agricultores, si bien es cierto es un riego tecnificado por goteo, este se realiza de forma manual, calculando el tiempo que se debe regar, en muchos casos utilizan una cantidad de agua innecesaria para el riego, ocasionando el deterioro de las plantas y la pérdida de nutrientes del suelo. Por otro lado, debemos tener en cuenta el calentamiento global que está provocando la disminución de la masa de hielo de los glaciares que trae como consecuencia la escasez del agua.

En el centro de producción Pachar de Ollantaytambo, Cusco; hace varios años se viene cultivando la fresa inicialmente con riego convencional. Actualmente viene empleando el sistema de riego tecnificado por goteo cuyo control está basada en la experiencia del agricultor quien desconoce los volúmenes de agua que requiere la planta. Este problema trae consigo un mal uso del recurso hídrico lo que provoca una humedad excesiva, lo que favorece a la presencia de enfermedades y daños en la producción. Por otro lado, otro de los factores ambientales que no se controla en el cultivo de la fresa es la temperatura y como consecuencia de ello se tienen frutos deformados por el exceso de frío o, por el exceso de temperatura una maduración y coloración del fruto demasiado rápida lo cual impide que las fresas adquieran un tamaño adecuado para la comercialización. Así mismo otros factores climáticos como heladas, granizo, sequías, exceso de viento, son factores que perjudican el cultivo y determinan que su cultivo sea en determinados meses del año, que la producción sea en mayor tiempo, de baja calidad y por tanto que no sea rentable.

En ese contexto, un sistema de riego automatizado es una herramienta que puede ayudar a los agricultores a ahorrar agua y, al mismo tiempo, obtener mejores cosechas, esta propuesta se centra en automatizar el del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen – Pachar – Ollantaytambo, empleando tecnología de bajo costo, la cual consta en placa Arduino con sensores de humedad, para medir los niveles de hidratación del suelo y sensores de temperatura para medir la humedad del aire, de modo que se active o no la señal que da paso al riego automático. Lo que se demostró es que se reducirá el tiempo

de producción, se hace uso eficiente del agua y se incrementará el rendimiento de la cosecha de la fresa, en comparación con el sistema de riego tecnificado por goteo. Lo que significaría en el corto plazo incrementar substancialmente la productividad y la rentabilidad de la fresa, lo que permitiría que el producto fresa sean competitivo en el mercado nacional y extranjero.

## 1.2 Enunciado el problema

### 1.2.1 Problema general

¿En qué medida la implementación del sistema de riego automatizado mejorará el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018?

### 1.2.2 Problema específico

**PE1:** ¿En qué medida la implementación del sistema de riego automatizado reducirá el ciclo de producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018?

**PE2:** ¿En qué medida la implementación del sistema de riego automatizado reducirá el uso de agua en el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018?

**PE3:** ¿En qué medida la implementación del sistema de riego automatizado aumentará la producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

En el centro de producción el Carmen, Pachar de Ollantaytambo, Cusco desde hace algunos años se viene realizando varios tipos de cultivo y entre ellos el de fresa. Este cultivo se realiza con técnicas de siembra y riego muy variadas; uno de ellos es el sistema de riego por goteo, para realizar las tareas de riego y fertirriego, sólo se cuenta con un sistema asistido, que requiere de un operario



permanente durante su funcionamiento y a la vez se encarga de manejar la dosificación. Esto hace que el sistema sea poco preciso, puesto que le hace falta la medición de variables ambientales como la humedad, temperatura, conductividad y la medida de la acidez o alcalinidad de los suelos (ph), hecho que acarrea desperdicio de agua y nutrientes, daños en las plantas por salinización, acidez del suelo y exceso o déficit de humedad.

Se vive en un contexto de creciente globalización, donde la tecnología está al alcance de nuestras manos y, el reto que se nos presentan a los ingenieros hoy en día es buscar estrategias que nos permitan articular la tecnología con los diferentes campos de acción. La adopción de innovación tecnológica en el cultivo, permitirá elevar el rendimiento en forma significativa y se obtendrá una fruta de mejor presentación, además que el periodo de oferta de fresa se ampliara a casi todo el año, razón por la que muchos agricultores podrán dedicarse a este cultivo.

Por otro lado, un conocimiento de las necesidades de agua y fertilización de los cultivos no sólo permite un mejor desarrollo para lograr una mayor producción y mejor calidad de las cosechas, sino que contribuye también a ahorrar considerables volúmenes de agua y disminuir la contaminación ambiental.

El proceso consistió en aplicar al proyecto todo lo aprendido en los 05 años de estudio en la carrera profesional de Ingeniería Informática y Sistemas, tal como es el desarrollo de software, modelamiento de una base de datos y la aplicación de la tecnología en el campo de la agricultura.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Implementar un sistema de riego automatizado para mejorar el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

##### 2.1.2 Objetivo específico

**OE1:** Implementar un sistema de riego automatizado para reducir el ciclo de producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

**OE2:** Implementar un sistema de riego automatizado para reducir el uso del agua en el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

**OE3:** Implementar un sistema de riego automatizado para aumentar la producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018



## 2.2 Hipótesis de la investigación

### 2.2.1 Hipótesis general

Si implementamos un sistema de riego automatizado, entonces mejorará el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

### 2.2.2 Hipótesis específica

**HE1** Si implementamos un sistema de riego automatizado, entonces se reduce el tiempo de producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

**HE2** Si implementamos un sistema de riego automatizado, entonces se reduce el uso de agua en el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

**HE3** Si implementamos un sistema de riego automatizado, entonces aumenta la producción de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

### 2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 – Operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
INDEPENDIENTE	X: Sistema de riego automatizado	Un sistema de riego automatizado regula la cantidad de agua que expulsa el sistema de riego y cuentan con: * Unidad de control * Sensores y transductores * Actuadores: interruptores,	Calidad del Software: Estándar ISO 25000, esta norma nos indica las características de la calidad y los lineamientos para su uso. El estándar identifica 06 características y sus propias subcaracterísticas; trabajaremos con los siguientes atributos:	Funcionalidad * Adecuidad	* Muy bueno * Bueno * Regular * Malo * Muy malo
				Usabilidad * Entendibilidad	* Muy bueno * Bueno * Regular * Malo * Muy malo
				Mantenibilidad * Cambiabilidad	* Muy bueno * Bueno * Regular * Malo * Muy malo
DEPENDIENTE	Y: Cultivo de la fresa	La temperatura, la humedad, el nivel de ph y el riego adecuado, en general afectan a la producción de fresa, el control de estas variables da lugar a mejorar el proceso de cultivo de la fresa: a que el volumen de fruta recogida sea mayor, de mejor calidad, en menor tiempo y haciendo un uso eficiente de agua.	Rendimiento	Optimización	Tiempo
			Agua	Optimización	m <sup>3</sup>
			Producción	Volumen	gr/planta



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

##### 3.1.1 A nivel internacional

- a) **Adrián de la Cámara, (2017). Arduino + módulo GSM/GPRS: monitorización de parámetros ambientales y automatización en un viñedo. Tesis de Pregrado. Universidad Oberta de Catalunya**

El trabajo de investigación realizado consistió en el diseño de un sistema de monitorización de parámetros ambientales, automatización de procesos y gestión remota mediante la red GSM/GPRS.

El objetivo fundamental de la investigación fue el diseño de un sistema que permita monitorizar parámetros ambientales, automatizar determinados procesos y poder interactuar de forma remota con el sistema mediante la transmisión de SMS empleando la red GSM/GPRS. Para ello fue necesario alcanzar una serie de objetivos más concretos, como familiarizarse con el entorno de Arduino, determinar los sensores necesarios, introducirse en el software de diseño y practicar el montaje de prototipos y su simulación. Presenta una serie de conclusiones que permiten asentar conocimientos y procedimientos. Enunciando lo siguiente:

- Lograron alcanzar el objetivo fundamental del proyecto: diseño de un sistema de monitorización, automatización y gestión remota, demostrando que el sistema diseñado cumplió con los requerimientos planteados en los objetivos.



- Demostraron con todo tipo de montaje de prototipos, simulaciones, capturas de pantalla y fotografía que el proceso de diseño es correcto y funcional. Esto conllevó a una extensión de la memoria superior a lo necesario, dado que se ha tratado de demostrar la operatividad de cada bloque que se diseñó.
- Alcanzaron un conocimiento inicial de software y hardware bastante variado, que de no ser por la realización de ese proyecto no habría sido posible.
- Manifestaron la exigencia de una buena planificación inicial, de forma que esta sea consecuente con la dificultad del mismo, con la finalidad de evitar desvíos temporales importantes por falta de previsión.

La metodología utilizada fue de tipo experimental y aplicada, enfocada en el desarrollo e implementación de un sistema embebido basado en Arduino y un módulo GSM/GPRS. Esto corresponde a una metodología tecnológica-experimental, enmarcada en un enfoque cuantitativo y aplicado, ya que se busca resolver un problema específico mediante el uso de tecnología.

**b) Lugo E. & Quevedo N. ( 2011). Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo. artículo publicado en la revista mexicana de ciencias agrícolas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.**

La investigación realizada tuvo como propósito mostrar un prototipo funcional, con base en la integración de tres tecnologías, computación, comunicaciones y electrónica para automatizar el control del riego para sistemas cerrados o abiertos.

El objetivo de la investigación fue describir el desarrollo de un sistema-prototipo de riego automático, que integra: el componente de entrada, consistente en la información meteorológica que se obtiene de una estación meteorológica comercial (Campbell Scientific Inc.); el componente de control



(de software, para la toma de decisiones); y el componente de salida, compuesto por dispositivos electrónicos que encienden/apagan periféricos.

A esto se agregó una interface de potencia, para la cual los dispositivos pueden ser electroválvulas para la aplicación del riego, entre otros. El control se llevó a cabo por medio de un balance hídrico a partir de las variables meteorológicas, además de la información de los cultivos y suelos. Como parte del sistema se acopló un subsistema de comunicación bidireccional por medio de un modem-celular, que permite tanto activar/desactivar algún dispositivo como el envío de mensajes hacia algún celular, o una cuenta de correo electrónico, para informar alguna acción que realiza el sistema.

La investigación concluyó, que se logró encender/apagar dispositivos por medio de teléfonos celulares, que a su vez posibilitan la automatización del riego, en tiempo real, a partir de variables de suelo, clima y cultivo, con el fin de alcanzar una mayor eficiencia en la aplicación del limitado recurso agua. La utilización de tecnologías de comunicación como teléfonos celulares, facilita un seguimiento e incluso el control del sistema en tiempo real, al obtener información del estado del sistema y enviar comandos u órdenes de ejecución, lo que se traduce en beneficios inmediatos en cuanto a la aplicación del riego.

La metodología que se utilizó, corresponde a un enfoque experimental, tecnológico y aplicado. Clasificada como descriptiva-experimental, con un enfoque cuantitativo-aplicado, centrado en la solución práctica de un problema agrícola mediante el uso de tecnología.

**c) Perea Palacios, (2016). Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero. Tesis de pregrado. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.**

El estudio de investigación consistió en el desarrollo de una aplicación la cual permite monitoreo, registro y control de un cultivo en invernadero a través de la implementación de diversos dispositivos (microcontrolador, sensores y



actuadores), para brindar al usuario un historial de las mediciones de las variables físicas más relevantes (Temperatura, humedad relativa, luminosidad y humedad del suelo) en todo el proceso de desarrollo del cultivo.

Para lograr dichas medidas utilizaron diferentes tipos de sensores los cuales arrojaran medidas calibradas de las variables de interés censadas de forma iterada en el transcurso del tiempo, estos sensores estarán conectados a un dispositivo microcontrolador de la familia Arduino, este sistema automático permite el monitoreo de las variables físicas, temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y luminosidad, así como el control de la temperatura y la humedad relativa de un sistema de invernadero con registro de variables en una base de datos online con lenguaje SQL.

Detalla las siguientes conclusiones:

- Desarrollaron un sistema de bajo costo y de fácil implementación, el cual permitió el monitoreo, registro y control de variables físicas, tales como temperatura, humedad ambiental, luminosidad y humedad del suelo, en un cultivo bajo condiciones de invernadero.
- A partir del proyecto ejecutado, concluyeron que el sistema constituyó una herramienta funcional y versátil, capaz de proporcionar de manera rápida y precisa información sobre el comportamiento de las variables físicas al interior del invernadero.
- El adecuado desempeño de la estrategia de control implementada permitió mantener los valores de temperatura y humedad relativa dentro de rangos óptimos para el desarrollo del cultivo.
- El correcto funcionamiento de la estrategia de comunicación entre el sistema basado en microcontrolador y el servidor permitió el registro confiable de los datos sensados en la base de datos implementada en MySQL.

- Debido al diseño modular del sistema, se evidenció la facilidad para la incorporación de nuevos sensores y actuadores, lo que amplió las posibilidades de escalabilidad y mejora del sistema.
- El principal aporte del proyecto fue la integración de un microcontrolador de bajo costo (Arduino Mega 2560) con un servidor web, lo que permitió el almacenamiento de datos en una base de datos MySQL, así como la consulta y el análisis estadístico de las variables monitoreadas. Asimismo, el sistema desarrollado constituyó un producto final que sirvió como base para el desarrollo de investigaciones posteriores por parte del grupo de Ingeniería Electrónica.

La metodología utilizada fue de tipo tecnológico, experimental y aplicada. Alineada con un enfoque cuantitativo, experimental-aplicado, ya que se orienta a resolver un problema técnico específico mediante el diseño e implementación de una solución electrónica automatizada, en un contexto agrícola específico.

### 3.1.2 A nivel nacional

#### a) Lazo C. & Campso T., (2014). Sistema remoto de control y monitoreo de la humedad del suelo para reducir el consumo de agua del maíz con riego por goteo en el valle de pampas. Tesis de pregrado. Huancavelica.

El maíz es uno de los principales cultivos que crece en el valle de Pampas, con baja productividad y gran derroche de agua para riego, el objetivo general del trabajo de investigación fue reducir el consumo de agua de riego por goteo que requiere el maíz mediante un sistema remoto de control y monitoreo de la humedad del suelo en el valle de Pampas. Como conclusión del trabajo realizado se precisa que:

- El tiempo de retardo fue de 5 minutos (pudiéndose considerar 10 minutos al adicionarse el periodo de muestreo de 5 minutos), contados desde que se emitió la orden a la electroválvula para permitir o no el paso del agua de riego, hasta que el sensor de humedad detectó el cambio. Por lo tanto, resultó adecuado monitorear cada 5 minutos la humedad en la raíz del maíz.



- También, el periodo de funcionamiento de la electroválvula debía ser mayor que el doble del tiempo máximo de retardo, es decir, superior a 5 minutos y, para mayor seguridad, mayor a 10 minutos.
- El transmisor XBee resultó ser el más adecuado para el sistema propuesto debido a su bajo consumo energético. Además, el módulo remoto se encontraba permanentemente instalado en zonas descampadas y rurales, donde por lo general no se disponía de fuentes de energía eléctrica.

La metodología empleada fue de tipo aplicada, tecnológica y experimental. Enmarcada en un enfoque cuantitativo y experimental, orientado al desarrollo de una solución tecnológica aplicada a la agricultura para mejorar el uso de los recursos hídricos.

**b) Cruz Concha, (2009). Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva italia. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima, Perú.**

La investigación realizada tuvo como objetivo principal reducir la cantidad de agua utilizada en el proceso de riego de una chacra ubicada en sector Pampa de Ñoco distrito de Grocio Prado, provincia de Chincha en el departamento de Ica.

Se propuso la solución mediante el diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado en base a un algoritmo de control desarrollado en un microcontrolador y que responde a una estrategia de control que realiza una acción diferente para los 5 rangos de trabajo en los que se ha dividido la variable controlada (presión), por lo tanto, el sistema realiza 5 acciones diferentes de acuerdo a la medición del sensor de presión.

El objetivo del sistema fue medir la presión de vacío (variable controlada) ejercida dentro del sensor de presión, transformar la variable física en una señal eléctrica, la cual es acondicionada para la transmisión y posterior procesamiento de la información, una vez procesada, el controlador decide que acción realizar mediante la apertura y cierre de una válvula proporcional

(actuador del sistema), ésta limita el flujo de agua (variable manipulada) que va a ser aplicada al campo de cultivo.

Como interfaz para el usuario, desarrollaron un software de monitoreo basado en el programa LabVIEW, este permite visualizar la variable controlada del sistema en un ambiente amigable, se utiliza el estándar de comunicación RS 232 para la interacción entre el microcontrolador y el software de monitoreo, este programa se puede implementar sobre cualquier computador personal, no requiere de hardware especializado.

La metodología utilizada fue de tipo aplicada, tecnológica y de diseño experimental. Teniendo un enfoque metodológico en un modelo cuantitativo, aplicado y experimental, centrado en el diseño, construcción y evaluación de un sistema automatizado con aplicación directa al sector agrícola.

**c) Apaza M.&LA Torre J., (2016). Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología arduino en el laboratorio de control y automatización EPIME. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano – Puno.**

La investigación realizada consistió en el diseño de un sistema automatizado para riego tecnificado, realizando un balance de humedad de suelo el cual tiene como objetivo hacer uso eficiente del agua conjuntamente con la implementación tecnología Arduino y el ensamblamiento de los componentes eléctricos y electrónicos. Para la implementación del sistema de riego automatizado requirieron un sensor de humedad de suelo de señal analógica, encargado de monitorear de manera continua el nivel de humedad del sustrato. Dicho sensor transmitía la información mediante una señal analógica hacia la placa Arduino, la cual procesaba los datos y generaba una señal de salida destinada a un relé. Este último activaba o desactivaba la bomba de agua según los parámetros establecidos. Bajo esta lógica de funcionamiento, se logró



controlar adecuadamente la humedad del suelo, evitando tanto el exceso como el déficit hídrico en el cultivo.

En esta investigación desarrollaron una prueba experimental en un área total de 6.4 m<sup>2</sup>, la cual fue dividida en dos módulos: uno destinado al riego automatizado y otro al riego convencional. Para el módulo de riego convencional se realizó el cálculo de la cantidad de agua requerida, empleando el software CLIMWAT 8.0, a fin de establecer un parámetro de comparación con el sistema automatizado.

Posteriormente, se diseñó y elaboró un módulo de aprendizaje de riego automatizado, en el cual se pudo observar de manera práctica el funcionamiento del sistema, así como la integración y uso de los materiales empleados durante la etapa experimental. Dicho módulo fue implementado como parte del Laboratorio de Control y Automatización de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con el propósito de fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje y servir como referencia para futuras investigaciones.

Luego de haber concluido con las pruebas correspondientes tanto para sistema de riego automatizado y riego convencional se obtuvo los resultados que se detallan a continuación. A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis general que establece que con el diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo se obtendrá un eficiente uso de agua. Estos resultados guardan relación con lo que sostienen (Perea 2016) y (Escalas, 2014), quienes señalan en sus conclusiones que es posible la programación y la implementación de un sistema automatizado para riego. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla:

- A partir de los resultados obtenidos, se confirmó la hipótesis específica 1, la cual establece que la implementación del sistema permite un uso eficiente del agua, sustentado en el balance de humedad del suelo. Estos hallazgos son consistentes con lo señalado por Perea (2016) y Escalas (2014), quienes



concluyen que es viable la programación e implementación de un sistema automatizado de riego. Lo expuesto por dichos autores coincide con los resultados alcanzados en el presente estudio.

- A partir de los resultados obtenidos, se aceptó la hipótesis específica 2, la cual establecía que la implementación del sistema permitía monitorear el nivel de humedad del suelo de manera sencilla y sin requerir conocimientos técnicos avanzados.

Estos resultados guardaron relación con lo señalado por Perea (2016) y Núñez (2014), quienes indicaron en sus conclusiones que fue posible monitorear la humedad del suelo de manera efectiva. Lo expuesto por dichos autores resultó concordante con los hallazgos obtenidos en el presente estudio.

Las siguientes conclusiones halladas, fueron:

**PRIMERO:** Con el diseño e implementación del sistema de riego automatizado se logró un uso eficiente del agua, así como un adecuado balance de humedad del suelo; asimismo, se permitió el monitoreo de los valores de consumo de potencia.

**SEGUNDO:** Con el diseño e implementación del sistema automatizado de riego se logró un uso más eficiente del recurso hídrico, obteniéndose una reducción del 10.9 % en el consumo de agua en comparación con el sistema de riego convencional.

**TERCERO:** Se logró con éxito el monitoreo de la humedad de suelo, donde se puede visualizar en tiempo real los datos de la cantidad de humedad de suelo, así como será capaz de almacenar un registro de datos.

La metodología empleada fue de tipo tecnológica, experimental y aplicada. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y experimental orientado a optimizar el proceso de riego mediante técnicas de automatización, con una implementación realizada en el contexto del laboratorio de control y automatización.



### 3.1.3 A nivel local

- a) **Hurtado Mendoza, Nilton B., (2020) Realizó el trabajo de investigación titulado “Sistema web con reconocimiento de voz para mejorar el proceso de préstamo de libros en la biblioteca especializada de la EAPIIS” tesis de pregrado para obtener el título profesional de Ingeniero Informático y Sistemas . Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.**

El trabajo de investigación se realizó con la finalidad de optimizar el servicio de la biblioteca especializada de la escuela profesional de Ingeniería Informática y Sistemas puesto que la consulta de libros se realiza haciendo uso de catálogos físicos los cual genera un enorme retraso, además estos catálogos físicos se deterioran fácilmente y las búsquedas son más complejas, por el solo hecho de hacerlo manualmente. Es decir, el bibliotecario no podía gestionar la biblioteca de manera óptima. Frente a esta problemática, fue necesario implementar un “Sistema web con reconocimiento de voz para mejorar el proceso de préstamo de libros en la Biblioteca Especializada de la EAPIIS – UNAMBA, 2020”, con el propósito de brindar una atención más rápida y eficiente a los estudiantes, además de fortalecer el control y la gestión de los libros y sus respectivos préstamos.

El sistema permitió registrar los usuarios que realicen los préstamos en la biblioteca y permitió llevar el control más exacto de usuarios y su interacción con el sistema, gestionar el material bibliográfico de manera más eficiente, que permitirá tener el registro de los libros en una base de datos, los préstamos que se realicen serán automatizados; con lo cual se ahorrara tiempo, recursos y mejorar la atención al usuario. Además, mediante el cálculo del estadístico se determinó que el tiempo empleado en el proceso de préstamo de libros, con el sistema web fue de 2.22 minutos, mientras que sin el sistema web fue de 5.78 minutos del cual se observa una reducción del 61.6% que beneficia a los usuarios de la Biblioteca Especializada de la EAPIIS – UNAMBA. Asimismo, se evidenció una reducción en los tiempos de atención, alcanzando el 21,15 % del tiempo que se empleaba anteriormente con los estudiantes que visitaban la



Biblioteca Especializada de la EAPIIS – UNAMBA. Además, se constató una disminución significativa en los costos del proceso de préstamo de libros: con la implementación del sistema, el gasto fue de 150.00 soles, mientras que sin el sistema ascendía a un estimado de 709.00 soles, lo que representó una reducción del 78.85 %, en beneficio de la institución. Los resultados observados al finalizar el proyecto de investigación demostraron una mejora sustancial en el desempeño del área de trabajo.

La investigación de Hurtado Mendoza (2020) evidenció que la implementación de un sistema web con reconocimiento de voz en la Biblioteca Especializada de la EAPIIS – UNAMBA optimizó significativamente el proceso de préstamo de libros. Se redujo el tiempo de atención en un 61.6%, los costos en un 78.85% y se mejoró la gestión bibliográfica mediante el registro automatizado de usuarios y materiales. Los resultados demuestran una mayor eficiencia, ahorro de recursos y mejor servicio a los usuarios.

**b) Meza Fèlix, Lizeth (2017), desarrolló el trabajo de investigación titulado “Implementación de un sistema de control con tecnología RFID para mejorar el proceso de inventario de bienes muebles de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Tesis de pregrado para obtener le título profesional de Ingeniero Informático y Sistemas . Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.**

La tesis constituyó una producción de investigación cuyo objetivo principal fue implementar una herramienta para el control de inventario basada en tecnología RFID, la cual mejoró el proceso de inventariado de los bienes pertenecientes al patrimonio de la UNAMBA. El problema de investigación se ubicó en la Oficina de Control Patrimonial, encargada de efectuar la comprobación de la existencia física de los bienes, tarea que se realizaba usualmente mediante un método manual. Este procedimiento generaba retrasos en la codificación de los bienes, dificultades para verificar su existencia física, una administración ineficiente de los bienes en uso, entre otras limitaciones identificadas.



El trabajo se realizó empleando la investigación aplicada, debido al uso y consecuencias prácticas de la tecnología RFID mientras se ejecutó el inventariado de los bienes de la UNAMBA, se delimita dentro del nivel explicativo puesto que aplicó la herramienta RFID en el proceso de inventariado. Se infirió de los resultados que la implementación de la herramienta de control de inventario basada en tecnología RFID permitió reducir de manera significativa el tiempo de ejecución del proceso de comprobación de la presencia física de los bienes, pasando de un tiempo promedio sin sistema de 27.5 segundos a un tiempo promedio con sistema de 4.49 segundos.

Asimismo, los costos del proceso se redujeron de S/ 0.4643 a S/ 0.0491 por bien verificado. La herramienta de control de inventario empleando tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) posibilitó el reconocimiento en tiempo real de los bienes ubicados dentro de su rango de alcance, generó reportes de los bienes identificados y mantuvo actualizado el inventario, haciendo el proceso menos complejo, más rápido, eficaz y seguro.

La investigación de Meza Félix (2017) demostró que la implementación de un sistema de control de inventario con tecnología RFID en la UNAMBA optimizó significativamente el proceso de verificación física de bienes patrimoniales. El tiempo promedio de comprobación se redujo de 27.5 a 4.49 segundos y los costos de S/ 0.4643 a S/ 0.0491, mejorando la eficiencia, seguridad y actualización del inventario en tiempo real.

- c) **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.” Tesis de pregrado para obtener el título profesional de Ingeniero Informático y Sistemas . Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.**

El estudio realizado tuvo como objetivo, determinar en qué medida la aplicación de un sistema de control basado en IoT mejora el balance de la



solución nutritivo en el cultivo de lechuga por hidroponía en el Distrito de Chilca, Lima, 2021, la cual fue implementado y desplegado en la aplicación.

Este proyecto de investigación se inició con la siembra de semillas de lechuga, para lo cual se consideraron las etapas de almácigo, post almácigo y el trasplante final en el sistema hidropónico NFT. En cada una de estas fases se realizaron las evaluaciones correspondientes, culminando con la etapa de cosecha, en la que también se efectuaron mediciones, obteniéndose valores relacionados con el peso, tamaño y número de hojas de las plantas.

Luego de la aplicación del proyecto de investigación, se concluyó que los objetivos planteados fueron alcanzados satisfactoriamente. La implementación de tecnología IoT en el sistema hidropónico para el cultivo de lechuga permitió obtener diferencias significativas en comparación con el método tradicional. En primer lugar, el tiempo de lectura de parámetros como el pH y la conductividad eléctrica se redujo a 8 segundos, frente a los 4 minutos y 22 segundos que requería el procedimiento convencional. Asimismo, se obtuvo una mayor producción, alcanzando 819 gramos adicionales respecto del módulo sin la implementación IoT. De igual forma, se evidenció una disminución en el consumo de agua de 9 litros a favor del sistema automatizado. También se registró una reducción en el uso de insumos: 60 ml en la solución A, 18 ml en la solución B, 2 ml de ácido fosfórico y 13 g de hidróxido de potasio, en un área de producción de 4 m<sup>2</sup>.

La investigación de Cayllahua Utani (2023) evidenció que la implementación de un sistema de control basado en IoT en un módulo hidropónico NFT para cultivo de lechuga optimizó significativamente el balance de la solución nutritiva. El tiempo de lectura de pH y conductividad eléctrica se redujo de 4 minutos 22 segundos a solo 8 segundos; además, se obtuvo un incremento de producción de 819 g por encima del módulo sin IoT y una notable reducción en el consumo de agua y nutrientes, mejorando así la eficiencia y sostenibilidad del cultivo.



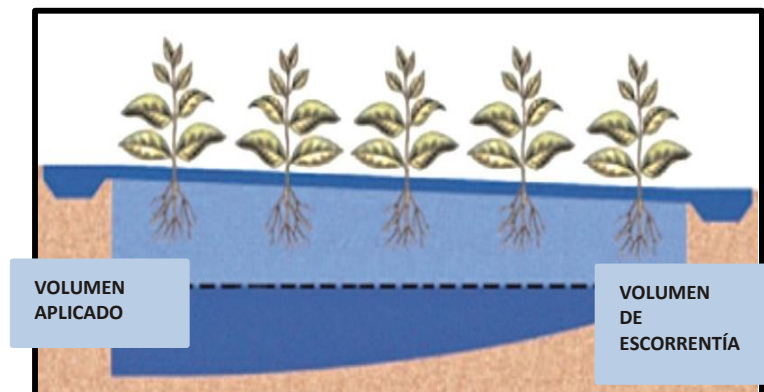
## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Sistema de riego automatizado

#### 3.2.1.1 Riego agrícola o evapotranspiración

Según Demin (2014), los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción, por ello es necesario reponerla y que quede disponible para las plantas. En el riego, siempre se deben reducir las pérdidas de agua, haciendo un uso más eficiente de la misma.

En el riego por superficie comúnmente, en algunas partes del terreno, pueden existir pérdidas por infiltración profunda, llamada también percolación. En este caso queda agua por debajo de la zona de las raíces. Según Demin (2014), también se pueden presentar pérdidas por escurrimiento quedando partes del terreno sin recibir una adecuada provisión de humedad. Con todas estas pérdidas quedará una reducida cantidad de agua disponible para las plantas.



FUENTE: Fernández Gómez, Rafael, 2010.

**Figura 1 — Pérdidas por escurrimiento.**

Para lograr minimizar las pérdidas, es necesario conocer las herramientas de las cuales depende el riego y su eficiencia que son la topografía y la infiltración del suelo, importantes en riego por superficie. Aprendiendo

a usar estos dos parámetros se puede regar aprovechando al máximo el agua y en forma homogénea en el lote.

- **Infiltración:** Se llama infiltración al ingreso de agua en el perfil del suelo. Es importante porque determina la cantidad de agua que penetra en el suelo. La infiltración del suelo depende de su textura, es decir de la proporción de cada uno de los componentes del suelo que son arena, limo y arcilla. Además, depende de otros factores como presencia de materia orgánica, condiciones de laboreo y cultivos anteriores.

**Tabla 2 — Textura del suelo**

<b>Partículas del suelo</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
<b>Gravas y piedras</b>	> 2,0
<b>Limo</b>	0,002 - 0,05
<b>Arena</b>	0,05 - 2,0
<b>Arcilla</b>	< 0,002

FUENTE: Carrazón Alocén Julián 2007.

- **Topografía:** Una herramienta importante es la sistematización de los suelos, principalmente en el riego por superficie. Dicho de otra forma, el agua debe infiltrar más de lo que avanza. La utilidad de estas herramientas es que brindan datos para conocer las pendientes de los terrenos a regar. Se llama pendiente al desnivel entre 2 puntos dividido en la distancia y luego multiplicado por 100 para expresarlo en porcentaje:

$$Pendiente = \frac{Desnivel}{distancia} \times 100 \text{ mm)}$$

Así mismo Guronvich, (1999), dice que el desarrollo de la agricultura moderna ha llevado a la búsqueda de nuevas técnicas que permitan optimizar la utilización del recurso agua, manteniendo un equilibrio entre los requerimientos hídricos de la planta y la disponibilidad de



este recurso vital, en el tiempo y en el espacio. El consumo de agua de los cultivos llamado evotranspiración (ET) o uso-consumo, se define como la cantidad de agua usada por cada cultivo o vegetación natural en la formación de tejidos, en la transpiración a través de las hojas y en la evaporación directa desde la superficie del suelo, más aquella cantidad que se reintegra debido a la evaporación del agua (lluvia o riego) que intercepta la superficie foliar de la planta.

El método de Penman-Monteith utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de la ETo:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma\left(\frac{900}{T+273}\right)\mu_2(es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0.34\mu_2)}$$

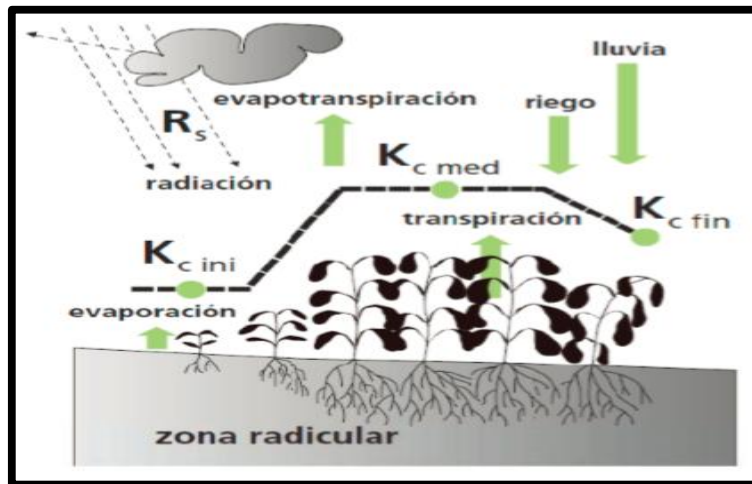
Donde:

- ETo = Evo transpiración de referencia (mm día-1)
- Rn = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m-2 día-1)
- G = Flujo del calor del suelo (MJ m-2 día-1)
- T = Temperatura media del aire a 2m de altura (° C)
- $\mu_2$  = Velocidad del viento a 2 m de altura (m s-1)
- es = Presión de vapor de saturación (KPa)
- ea = Presión real de vapor (KPa)
- es - ea = Déficit de presión de vapor (KPa)
- $\Delta$  = Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C - 1)
- $\gamma$  = Constante psicométrica (KPa °C - 1)

La evotranspiración de referencia (ETo) provee un estándar de comparación mediante el cual: se puede comparar la evotranspiración en diversos períodos del año o en otras regiones. La ecuación utiliza



datos climáticos de radiación solar, temperatura del aire, humedad y velocidad del viento. Para asegurar la precisión del cálculo, los datos climáticos deben ser medidos o ser convertidos a 2m de altura, sobre una superficie extensa de pasto verde, cubriendo completamente el suelo y sin limitaciones de agua.



FUENTE: López, 2010.

**Figura 2 — Factores que influyen en la evapotranspiración**

### 3.2.1.2 Riego tecnificado.

EL Ministerio de Agricultura a través del Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI), ente rector y responsable de ejecutar el Programa de Riego Tecnificado, promueve el Riego Tecnificado o la tecnificación de riego el cual se refiere al aprovechamiento eficiente de los recursos acuíferos, a partir del uso adecuado de la tecnología en beneficio de la agricultura; está diseñado para saber cuándo, cuánto y cómo regar, permitiendo la aplicación en los cultivos de agua, fertilizantes y nutrientes de forma segura.

Con esta técnica se puede orientar a la disminución del consumo de agua, reducción de trabajo, facilidad de aplicación, aumento de producción por unidad o superficie y obtención de productos con mejor calidad.



El riego tecnificado permite aplicar los recursos de forma localizada, continua, eficiente y de manera oportuna, asimismo, se adapta a cualquier tipo de suelo y a condiciones topográficas diversas, lo cual además de ahorrar tiempo, ayuda a mejorar la economía ya que cumple con ciertas funciones como lo es el regar, fertilizar y controlar plagas, evitando el desarrollo de maleza, la presencia de plagas y enfermedades, lo cual disminuye las pérdidas.

Asimismo, favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos, permitiendo alcanzar una eficiencia del 95 por ciento en comparación a otros mecanismos de riego, ya que le aporta a los cultivos lo necesario, así como las condiciones óptimas para su producción con una frecuencia regular.

### 3.2.1.3 Tipos de riego

Según Demin, (2014), hay dos tipos de riego: Riego por superficie y riego presurizado.

#### a) Riego por superficie

La ventaja de este tipo de riego es que tiene relativamente bajos costos de inversión y no requiere consumo de energía. Si bien posee muchas pérdidas de agua por infiltración, se puede incrementar la eficiencia en el uso de la misma. El riego por superficie, también llamado riego por gravedad, consisten en la distribución del agua a través de canales o surcos, que se disponen a lo largo del área de cultivo. Existen varias formas de regar por superficie: por tendido, por surco y por melga.

- **Riego tendido:** El riego tendido es una de las formas más antiguas de riego. Se caracteriza por tener elevadas pérdidas debido a que la distribución del agua dentro del lote es dispareja, por lo que la cantidad de agua disponible para muchas plantas es baja o nula, quedando pequeños sectores con exceso de agua.

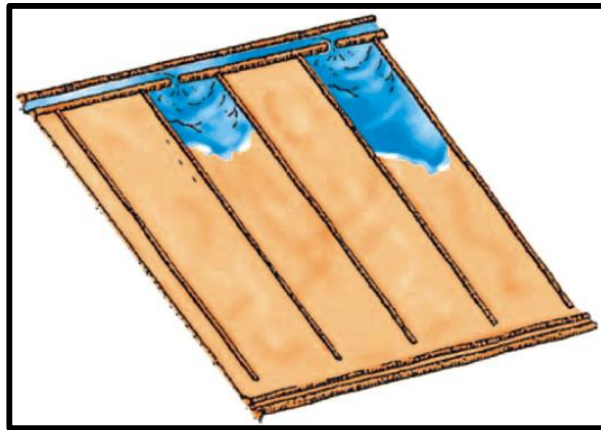
- **Riego por surco:** En este tipo de riego el agua avanza por pequeños canales o surcos, de un sitio más alto a otro más bajo, es decir desde la cabecera hasta el pie. El riego por surcos se adapta a cultivos sembrados en líneas como hortícolas y frutales. Es importante lograr que quede la mayor cantidad de agua disponible para el cultivo, por lo tanto, es necesario incrementar la eficiencia.



FUENTE: EEA INTA Catamarca, 2014.

**Figura 3 — Riego por surcos**

- **Riego por melga:** En el método de riego por melgas el agua avanza por un espacio de suelo a modo de franjas que queda entre 2 bordos contruidos para tal fin, de manera que el agua se mueve encajonada desde la cabecera hasta el pie. Es bastante útil para regar pasturas, cereales y, en algunos casos, frutales. Tiene las desventajas de necesitar una gran cantidad de agua y un suelo bien nivelado.



FUENTE: EEA INTA Catamarca 2014.

**Figura 4 — Riego por melgas**

**b) Riego presurizado:** En todo sistema presurizado, el agua, que es conducida por tuberías, se encuentra con una cierta presión, llegando directamente a la planta o a las plantas. Con el riego presurizado se evitan las pérdidas por infiltración en la conducción y distribución, logrando de esa manera que quede más agua disponible para la planta. Un sistema de riego presurizado consta de un cabezal de riego que constituye una bomba para extraer agua, impulsarla y darle presión a la tubería, además un sistema de filtrado, inyección de fertilizante y un sistema de conducción y distribución del agua para el cultivo mediante tuberías. Existen varias formas para regar por riego presurizado: Aspersión, Microaspersión, Goteo.

- **Aspersión:** El riego por aspersión permite aplicar el agua en forma de lluvia sobre la planta. El agua es conducida por tuberías a presión y al llegar al aspersor el chorro se rompe en muchas gotas que caen sobre el suelo. Es un sistema que utiliza mucha energía eléctrica por necesitar una elevada presión para su funcionamiento.



FUENTE: EEA INTA Catamarca 2014.

**Figura 5 — Riego por aspersion**

- **Microaspersión:** Este método de riego consiste en la aplicación de agua al suelo en gotas muy pequeñas. Requiere una presión de 1,6 kg/cm , es decir mucho más baja que aspersion. El diámetro de mojado que genera el microaspersor puede ser de alrededor de 3-4 metros.



FUENTE: EEA INTA Catamarca 2014.

**Figura 6 — Riego por microaspersión**

- **Goteo:** Este método de riego consiste en la aplicación de agua en forma de gotas de manera continua en un lugar próximo a la planta, mojando solo parte del volumen de suelo (30% del suelo). Es un riego de alta frecuencia donde se debe reponer el agua que la planta consumió uno o dos días atrás. En este método, en el suelo se forma un bulbo húmedo debajo de cada goteo donde la planta desarrolla una mayor cantidad las raíces.

Cabe aclarar que, en este sistema, en la tubería, el agua circula con presión pero la gota cae al suelo sin presión. Esto se debe a que el emisor o goteo posee un diseño, según el fabricante, que permiten perder presión y que caigan gotas. El riego por goteo puede utilizarse tanto a cielo abierto como en cultivos bajo invernadero.

#### Ventajas:

- Permite un crecimiento adecuado del sistema de raíces
- Puede mantener una humedad casi constante renovando continuamente el volumen de agua que se gasta por el proceso de evapotranspiración.
- Permite la aplicación de fertilizantes en el agua de riego. Esto garantiza una mayor disponibilidad de nutrientes a la zona de raíces.
- Disminuye el gasto de agua y la eficiencia del uso del agua se incrementa notablemente
- No se moja todo el suelo de la parcela, sino únicamente la hilera donde está sembrado el cultivo. Esta es una ventaja importante para reducir la posible aparición de maleza.
- Aunque se esté realizando el riego, pueden realizarse otras labores de cultivo como podas, tutorado y aplicación de agroquímicos. Actividades que no pueden realizarse simultáneamente cuando se utiliza el riego por gravedad o aspersión. Se adapta a terrenos rocosos o con pendientes.

#### Desventajas:

- Las desventajas más importantes de este método de riego es que el sistema de goteo puede taparse si no se filtra el agua correctamente

- Además, la inversión inicial es alta y es indispensable contar con personal técnico capacitado para el diseño. Así como la su correcta instalación.
- Los costos de instalación y diseño son elevados.



FUENTE: EEA INTA Catamarca, 2014.

**Figura 7 — Riego por goteo**

#### **3.2.1.4 Fertilización controlada**

Gurovich, (1999), dice que la disolución nutritiva de los cultivos debe diseñarse a la carta; la investigación en Química Agrícola ha centrado sus esfuerzos, en los últimos años, en optimizar disoluciones nutritivas ideales para cada tipo de cultivo, sin olvidar que una nutrición ideal debe respetar las necesidades de la planta en cada estado de su desarrollo, esto es, mantener un balance nutriente evolutivo. De esta forma, se le da a la planta lo que necesita en cada momento, evitando lixiviaciones contaminantes y posibles toxicidades. Otra de las ventajas es la posibilidad de controlar el pH y la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva, de acuerdo con los requerimientos óptimos del cultivo y de las condiciones ambientales. La conductividad que se expresa, a menudo, como mili siemens/cm, con un alcance de 2.00 a 4.00, en cuanto al pH lo idóneo suele oscilar entre 5.5 y 6.5, los niveles fuera de estos rangos puede dar lugar a un marchitamiento, deteniendo el desarrollo y desecando los frutos, de manera que el especialista puede ajustar su disolución nutritiva a estos valores mediante la adición de fertilizantes. En general, un control preciso de la nutrición de las plantas, favorece a un mayor rendimiento y una mejora cualitativa de los productos.



### 3.2.1.5 El agua

El agua es un recurso natural básico para la vida del hombre, animales y vegetales; puede generar múltiples beneficios que dependerán de una planificación, uso, manejo y control racional de la misma. Cuando esto no ocurre, debido a la falta de planificación por parte de las autoridades del sector y la falta de capacitación de los pobladores, las consecuencias que pueden traer estos son un déficit de agua provocando sequía en ríos y lagos por ende un problema para la comunidad en general o por el contrario podría existir crecidas de ríos provocando inundaciones y otros.

El agua es un compuesto químico muy estable, formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, de fórmula  $H_2O$ , que a su vez es inodora, insípida e incolora, y su enorme presencia en la tierra, el 71% de ésta se encuentra cubierta de agua.

### 3.2.1.6 Concepto de pH del agua de riego

La medición del pH del agua de riego y de la solución del suelo tiene gran importancia, y realmente puede determinar el éxito o el fracaso de la cosecha.

El pH es un índice de la concentración de los iones de hidrógeno ( $H^+$ ) en el agua. Se define como  $-\log(H^+)$ . Cuanto mayor sea la concentración de los iones de hidrógeno en el agua, menor será el valor del pH

La escala del pH va desde 0 a 14 donde:

- El agua con un pH inferior a 7 se considera ácida (mayor concentración de iones de  $H^+$ )
- El agua con un pH superior a 7 se considera básica (menor concentración de iones de  $H^+$ )
- El agua con un pH de 7,0 se considera neutral.



Un agua o una solución del suelo con un pH demasiado alto, puede resultar en deficiencias de nutrientes, principalmente de micro-nutrientes, como el hierro. Mantener el pH del agua de riego por debajo de 7,0 es también importante para prevenir las obstrucciones de emisores, debido a la precipitación de sales.

Por otra parte, un pH demasiado bajo, podría dar lugar a la toxicidad de los micro-nutrientes y daños al sistema radicular de la planta. El rango deseable del pH en la zona en la zona radicular para la mayoría de las plantas es entre 5.5 a 6.5. Por lo tanto, muchos agricultores deben añadir un ácido al agua de riego, para bajar el pH del agua. (Agropecuaria, 2016)

#### **3.2.1.7 Humedad del suelo**

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Establecer el índice de humedad del suelo es de vital importancia para las actividades agrícolas, es importante recordar que:

- Los niveles de humedad del suelo determinan el momento del riego.
- La humedad del suelo se puede estimar por el aspecto del terreno.
- Se debe controlar la humedad al menos en una sección del área del campo que difiera de las demás en cuanto a la textura y aspecto del suelo.

La aplicación del riego en el momento exacto y en la cantidad apropiada es fundamental para obtener un buen rendimiento de los cultivos. El exceso de agua reduce el crecimiento al arrastrar los nitratos a una profundidad superior al alcance de las raíces de los cultivos, y al desplazar el aire contenido en el interior del suelo provoca la escasez de oxígeno en las raíces. (Camila Lizarazo y Jessica Restrepo, 2015).

### 3.2.1.8 Importancia de la humedad en las plantas

La humedad es importante para que la fotosíntesis sea posible. Una buena humedad alrededor de la planta es todavía importante, porque la planta únicamente puede absorber una pequeña cantidad de humedad. Si la planta pierde demasiada agua, las estomas se cerrarán, lo cual provocará que la fotosíntesis se frene. Si esto sucede, no podrá absorber más CO<sub>2</sub>, y el CO<sub>2</sub> es necesario para mantener en marcha la fotosíntesis. (Anthura, 2016).

Además, la temperatura de una planta un día soleado se regula principalmente mediante la refrigeración a través de la evaporación de agua. La evaporación de agua puede evacuar gran parte del calor de la planta y es un método de refrigeración muy eficaz. Unas estomas abiertas garantizan la evacuación de una gran parte del calor. Si las estomas se cierran, la temperatura de la planta subirá rápidamente. (Anthura, 2016).

### 3.2.1.9 Riego automatizado

El riego automático es un sistema para proveer con agua y fertilizantes a las plantas de manera tecnificada, por medio de sistema de aspersión y/o goteo normalmente. Se puede entregar el agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario que se desee.

Para que esto pueda llevarse a cabo, es necesario conocer y manejar los tres componentes básicos que conforman un sistema capaz de llevar a cabo estas tareas, antes realizadas por un operario humano, como son: los sensores, los controladores y los actuadores, además de comprender los conceptos y leyes que rigen a estos componentes para su buen uso y correcto funcionamiento.

Ventajas: Esto conlleva una serie de ventajas como:

- Ahorro de mano de obra, agua y energía.
- Mayor eficiencia de riego.



- Se mantiene un nivel óptimo de humedad en la tierra, por lo tanto, las plantas reciben la cantidad de agua que necesitan, sin excesos ni carencias.
- El riego por goteo permite llevar a cabo la fertirrigación a la vez que se riega, es decir, aportar al agua preparados con nutrientes para mejorar la fertilidad de la tierra o para prevenir y combatir plagas y enfermedades.
- Se reduce la incidencia de enfermedades causadas por exceso de humedad (hongos) y problemas de raíces (asfixia radicular).
- Como podemos programar y automatizar los riegos, este sistema es ideal para cuando no podemos atender el huerto o jardín o nos vamos de vacaciones y que nuestras plantas sigan recibiendo agua.
- Un sistema de riego por goteo se puede usar y adaptar a todo tipo de huertos y jardines: en grandes superficies en el suelo, en huertos urbanos en macetas y jardineras, en mesas de cultivo, en huertos verticales, etc.

#### **3.2.1.10 Programación de la automatización del riego**

La automatización del riego puede programarse, según el criterio del agricultor, de la siguiente manera:

- Programación por tiempos.
- Programación por volúmenes medidos por un medidor de caudal o detectores de nivel en balsas pequeñas.
- Programación en base a sensores del estado hídrico del suelo y de la planta.
- Programación basada en datos meteorológicos proporcionados por una estación meteorológica.

### 3.2.1.11 Componentes de un sistema de riego automatizado.

#### a) Tecnología arduino

Bohmer, (2012) define que Arduino es una plataforma de electrónica de hardware libre, que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines que permiten que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar.

Arduino Mega es una tarjeta de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales. Esta tarjeta es programada en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. Arduino puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede comunicarse a un PC a través del puerto serial (conversión con USB) utilizando lenguajes como Flash, Processing, MaxMSP, etc. Las posibilidades de realizar desarrollos basados en Arduino tienen como límite la imaginación.

Según Bohmer, (2012), Arduino Mega tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Arduino Mega incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; simplemente conéctalo a tu PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa (9 hasta 12VDC). El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO.



**Tabla 3 — Características técnicas de Arduino Mega.**

<b>Microcontrolador</b>	<b><u>ATmega2560</u></b>
<b>Tensión de trabajo</b>	5V
<b>Tensión de entrada (recomendada)</b>	7-12V
<b>Tensión de entrada (límite)</b>	6-20V
<b>Pines Digitales I/O</b>	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
<b>Pines de entradas Analógicas</b>	16
<b>DC Corriente por Pin I/O</b>	20 mA
<b>DC Corriente por Pin 3.3V</b>	50 mA
<b>Memoria Flash</b>	256 KB de los cuales 8 KB se usan por el bootloader
<b>SRAM</b>	8 KB
<b>EEPROM</b>	4 KB
<b>Velocidad del reloj</b>	16 MHz
<b>Largo</b>	101.52 mm
<b>Anchura</b>	53.3 mm
<b>Peso</b>	37 g

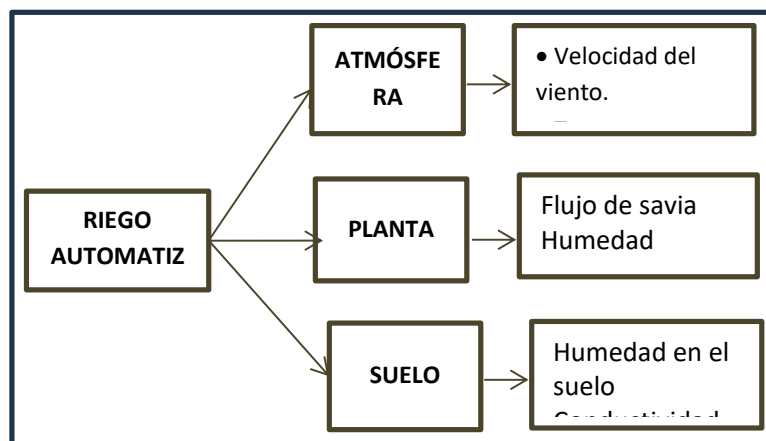
FUENTE: Bohmer, (2012)

#### b) Sensores

Areny, (1993), dice que los sensores o transductores sensor son dispositivos capacitados para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.



Estos elementos se pueden dividir en dos tipos según la forma de su señal de salida en digitales o analógicos, muchos de los sensores basan su funcionamiento en la variación de la impedancia eléctrica en respuesta a un cambio en la magnitud detectada, este cambio puede afectar la geometría, las propiedades del material o ambas, para la realización de este proyecto se van a implementar diferentes tipos de sensores, los cuales se mencionan a continuación: Sensor de digital de temperatura y humedad, Sensor Luminosidad, Sensor de Presión, Sensor de ph, movimiento, etc. Según Romero, Muriel, García y Muñoz de la Peña (2012), realizaron un estudio acerca de las variables físicas que pueden ser utilizadas para un sistema automático de riego.



FUENTE: Elaboración propia

**Figura 8 — Variables físicas que pueden ser usadas para el riego automatizado**

### c) Actuadores

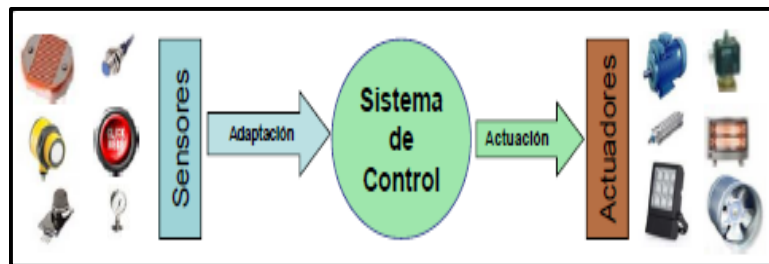
Areny, (1993), Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre elemento externo. Este recibe la orden de un regulador, controlador o en nuestro caso un Arduino y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.



Existen varios tipos de actuadores como son: electrónicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos, motores, bombas.

### 3.2.1.12 Sistema de control automatizado

Un sistema de control automatizado, sea domótica o inmótica, está compuesta por tres componentes fundamentales: Sensores, sistema de control (elementos) y actuadores.



FUENTE: E-Micronica, 2020.

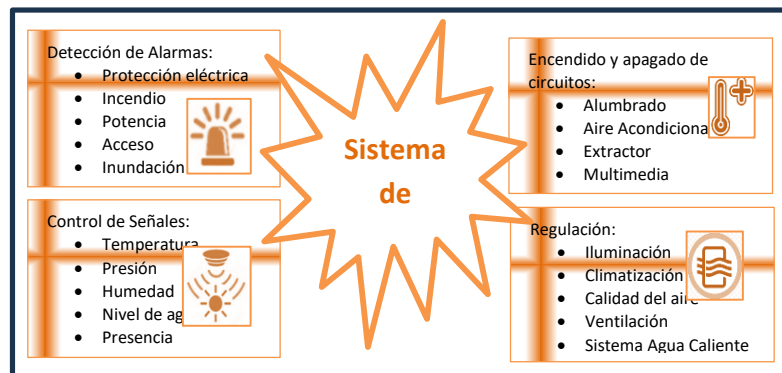
**Figura 9 — Elementos de un sistema de control automatizado**

Los sensores son dispositivos que recogen información del mundo ‘real’ y la entregan al sistema de control de forma que el sistema de control ‘entienda’ y pueda procesar y tomar decisiones. Por ejemplo, un sensor de temperatura, de estado de puerta (abierta / cerrada), de humedad, de velocidad del aire, de nivel de CO<sub>2</sub>, etc.

Su función es transformar un parámetro o estado físico del entorno que nos rodea en una información traducida a señales eléctricas que proporcionaremos al sistema de control.

Los actuadores son dispositivos que, siguiendo las órdenes del sistema de control, realizan acciones que repercuten en el mundo ‘real’, por ejemplo: motores, relés, pistones, válvulas, indicadores luminosos, etc. En muchos casos el actuador es un dispositivo que pone en marcha alguno de estos equipos.

El sistema de control recibe información del entorno sobre el que queremos realizar algún tipo de acción por medio de los sensores, esa información aporta datos para que el ‘controlador’ pueda procesarla, registrarla y decida si hay que realizar alguna acción, si es así, esta acción se lleva a cabo por un actuador que tiene capacidad para provocarla.



FUENTE: Elaboración propia

**Figura 10 — Sistema de control automatizado**

### 3.2.1.13 Norma de evaluación ISO 2500

Las normas ISO proporcionan especificaciones globales para productos, servicios y sistemas, con el fin de asegurar calidad, seguridad y eficiencia.

El objetivo no es necesariamente alcanzar una calidad perfecta, sino la necesaria y suficiente para cumplir con las necesidades reales del usuario. Gestionar las óptimas propiedades y funcionamiento de los recursos de nuestra empresa es fundamental si queremos aparecer en los primeros rankings sobre calidad del mercado; por ello, conocer qué es la **norma ISO 25000** y cuáles son sus características nos posicionarán en una situación de ventaja.

- **¿Qué es la ISO 25000 y qué sectores abarca?**

Antes de detallar los fundamentos del modelo ISO 25000, resulta indispensable precisar la naturaleza de este tipo de normas orientadas a la gestión de la calidad. Dichas normas constituyen un conjunto de



estándares internacionales que sistematizan los criterios, directrices y parámetros técnicos vinculados con la evaluación, aseguramiento y mejora de la calidad en productos y procesos relacionados con la tecnología, el software y la investigación dentro de las organizaciones. Las normas ISO (Organización Mundial para la Estandarización), son aquellas guías que otorgan ciertas especificaciones, de aspecto mundial, a los productos, servicios y sistemas de una compañía para garantizar la máxima calidad y eficiencia en sus resultados y funcionamiento.

Tomando esto como base, la norma ISO/IEC 25000, también conocida como SQuaRE, se encarga de reunir en un mismo documento el conjunto de patrones o pautas para asegurar el óptimo uso y propiedades del software de un negocio. ¿En qué casos se lleva a cabo este procedimiento? Sobre todo, en las empresas que desarrollan sus propias aplicaciones o programas para las gestiones y organización interna; de esta manera, consolidamos la correcta creación y usabilidad de los mismos en los procesos internos.

- **Principales aspectos de la norma ISO 25000**

A continuación, se enumeran una serie de aspectos de la ISO 25000:

- La norma ISO 25000 también se conoce como SQuaRE (System and Software Quality Requirements and Evaluation) (Evaluación de Calidad de Productos Software).
- Está creada, específicamente, para empresas que desarrollen software o aplicaciones propias, tanto para su propio negocio como para ser vendidas a clientes.

Se divide en 6 secciones:

1. ISO 2500n: gestión de calidad
2. ISO 2501n: modelo de calidad: compuesto entre otros por fiabilidad, seguridad, mantenibilidad y usabilidad.
3. ISO 2502n: medición de calidad

4. ISO 2503n: requisitos de calidad
5. ISO 2504n: evaluación de calidad
6. ISO/IEC 25050-25099

- **Características: ISO 25010**

El modelo de calidad del producto software está compuesto por las siguientes características:

- a) **Funcionalidad:** Engloba las funciones que resuelven las necesidades cuando se utiliza correctamente el producto y tiene las siguientes subcategorías: completitud funcional, corrección funcional y pertinencia funcional.
- b) **Rendimiento:** Es la rentabilidad obtenida la cual se mide con el comportamiento en el tiempo y la utilización de recursos.
- c) **Compatibilidad:** Cuando dos o más sistemas comparten el mismo software. Se debe tener presente que esta categoría se subdivide en dos características adicionales: coexistencia e interoperabilidad
- d) **Fiabilidad:** Cuando un sistema satisface las necesidades de madurez, disponibilidad, es tolerante a fallos y tiene capacidad de recuperación entonces es que es fiable.
- e) **Usabilidad:** Consiste en el proceso de aprendizaje y la forma de utilizarse. Se divide en las siguientes categorías: capacidad para reconocer su adecuación, capacidad de aprendizaje y para ser usado, protección contra errores de usuario, estética de la interfaz de usuario y la accesibilidad.
- f) **Seguridad:** Mantener protegidos los datos y la información para que no puedan ser descifrados por terceros. La confidencialidad, integridad, responsabilidad, autenticidad y no repudio son los elementos a tener en cuenta.
- g) **Mantenibilidad:** Se incluyen las siguientes subcategorías en caso de que el producto software tenga que ser modificado:

modularidad, reusabilidad, analizabilidad, capacidad para ser modificado y también la capacidad para ser probado.

h) **Portabilidad:** La capacidad para ser instalado y reemplazado pudiendo adaptarse perfectamente a otros entornos cuando el producto se transfiere.

- **Ventajas y desventajas de la ISO 25000:**

- **Ventajas**

- Asegurar que los productos, servicios y softwares que utilizamos o vendemos son de total confianza y tienen la calidad requerida.
    - Minimizamos el número de errores.
    - Ahorramos tiempo en los procedimientos de entrega.
    - Unificamos los objetivos del software con las necesidades reales.
    - Evaluaciones periódicas para determinar la constante calidad.
    - Todo esto da lugar al aumento de la satisfacción del cliente.

- **Desventajas**

- No existen una serie de desventajas como tal al hablar de este tipo de normas, ya que permiten unificar todas las pautas de calidad de estos productos, creando un marco de calidad a nivel mundial.
    - No obstante, bien es cierto que estos procedimientos ocupan bastante tiempo y suelen suponer una gran espera en varias de las fases de tramitación. El resultado merece la pena, pero es un proceso tedioso.

#### 3.2.1.14 Metodologías ágiles

En las últimas décadas, tanto la estructura como la gestión de los proyectos dentro de las organizaciones se ha vuelto más compleja;



nuevas herramientas, tecnologías, equipos de trabajo dispersos en diferentes continentes, e instantaneidad en el acceso a la información, por nombrar solo algunos, han llevado al desarrollo de nuevas metodologías en la gestión de equipos y proyectos. Ante un contexto diferente, resulta cada vez más complejo obtener resultados favorables utilizando las herramientas de gestión tradicionales, y es por ello que las metodologías ágiles se han ganado su lugar como el modelo de gestión utilizado en las empresas más reconocidas del mundo.

En el año 2001, en Salt Lake City, un grupo de desarrolladores capitaneados por el ingeniero de software Kent Beck se reunieron para compartir sus frustraciones sobre las metodologías de entrega de software y los marcos de trabajo que existían hasta entonces (PMI, CMMI o SPICE).

- **¿Qué es la metodología Scrum?**

La metodología ágil Scrum es un proceso en el que se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Estas prácticas se apoyan unas a otras y su selección tiene origen en un estudio de la manera de trabajar de equipos altamente productivos.

La metodología ágil Scrum es un entorno de trabajo donde se aplican una serie de acciones con el objetivo de abordar proyectos de forma mucho más rápida y eficiente. En Scrum el trabajo colaborativo es fundamental, por lo que se debe garantizar un alto nivel de comunicación entre los distintos componentes que participan en el proyecto.

En Scrum se trabaja con Sprints, es decir, el proyecto se divide en pequeñas partes para poder abordarlas de forma más rápida y eficiente. Un proyecto puede estar compuesto por varios sprints que cuando se concluyen dan el resultado esperado.

## Sprint

El término *Sprint* se utiliza para designar cada uno de los ciclos o iteraciones que conforman el desarrollo de un proyecto. Estos ciclos permiten establecer un ritmo de trabajo definido por un periodo de tiempo prefijado. La duración habitual de un Sprint es de aproximadamente cuatro semanas; no obstante, la metodología establece que dicho intervalo debe situarse entre dos semanas y un máximo de dos meses.

En cada Sprint, o ciclo de trabajo, se genera un entregable o incremento del producto que aporte valor al cliente. Desde una perspectiva técnica, el concepto de *Sprint* abarca la totalidad del proceso: desde la definición de las actividades que serán incluidas en el ciclo correspondiente, hasta el análisis retrospectivo orientado a evaluar el desempeño y los resultados obtenidos durante dicho periodo.

### **Funcionamiento de la metodología Scrum**

La metodología SCRUM consiste en abordar cualquier proyecto dividiéndolo en sprints o partes más pequeñas. Dentro de este entorno de trabajo hay que seguir una serie de fases para abordar cada tarea, y participan unos roles específicos que garantizan el cumplimiento de esta filosofía de trabajo.

### **Aplicación de la metodología Scrum**

Es una metodología especialmente diseñada para aquellos proyectos orientados a generar resultados en el corto plazo. Así como en aquellos donde la incertidumbre es un factor presente que atenta contra la operatividad.

Asimismo, surge como un método ideal para traer la innovación, productividad y flexibilidad a organizaciones en donde las tareas no se encuentran definidas, permitiendo optimizar los procesos y diseñar estructuras de trabajo que favorezca el cumplimiento de los plazos.

### **Fases de la metodología Scrum**

En Scrum un proyecto se ejecuta en ciclos temporales cortos y de duración fija (iteraciones que normalmente son de 2 semanas, aunque en algunos equipos son de 3 y hasta 4 semanas, límite máximo de feedback de producto real y reflexión). Cada iteración tiene que proporcionar un resultado completo, un incremento de producto final que sea susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite. La metodología SCRUM se divide en cinco fases:

1. **Planeación del Sprint/Sprint planning.** La **planificación** del sprint es la primera fase de SCRUM donde se describe qué tareas se asignan a cada miembro del grupo de trabajo, así como el tiempo que necesita para concluirse.
2. **Scrum team meeting.** Suelen ser diarias y cortas que realizan los equipos de trabajo para **evaluar el trabajo realizado**, el que se va a abordar en el día y qué problemas se han presentado o se intuye que se van a presentar.
3. **Backlog refinement.** Es un repaso de las tareas y su evolución por parte del Product Owner con el fin de evaluar el tiempo y esfuerzo empleado en cada tarea y para resolver cualquier inconveniente encontrado en el camino.
4. **Sprint review.** Son reuniones donde participa también el cliente, y que tienen como objetivo mostrar los resultados obtenidos. La presencia del cliente es fundamental para conseguir un **feedback real y de calidad** y para crear una relación más cercana y productiva.

5. **Retrospective.** Es una **reunión final tras concluir el proyecto** donde se revisa todo lo que ha ocurrido durante el sprint (qué se hizo bien y qué se hizo mal, y cuáles fueron las principales dificultades a las que hubo que enfrentarse). El objetivo es adquirir conocimientos para mejorar en futuros proyectos.

### **Roles del Equipo Scrum**

Para ello, los equipos de Scrum son auto-organizados y multifuncionales. Es decir, cada uno es responsable de unas tareas determinadas y de terminarlas en los tiempos acordados. Esto garantiza la entrega de valor del equipo completo, sin necesidad de ayuda o la supervisión minuciosa de otros miembros de la organización.

Los 3 roles más importantes en un equipo de trabajo Scrum:

1. **Product owner/ Dueño del producto:** es la “voz del cliente” y el responsable de desarrollar, mantener y priorizar las tareas en el backlog. Un equipo Scrum debe tener solo un Product Owner y este puede ser parte del equipo de desarrollo.
2. **Scrum master**  
Es el responsable de que las técnicas Scrum sean comprendidas y aplicadas en la organización. Es el manager de Scrum, un líder que se encarga de eliminar impedimentos o inconvenientes que tenga el equipo dentro de un sprint (que ya revisaremos en detalle más adelante), aplicando las mejores técnicas para fortalecer el equipo de marketing digital. Dentro de la organización, el Scrum Master tiene la labor de ayudar en la adopción del framework en todos los equipos.
3. **Development team members/ Equipo de desarrollo**  
Son los encargados de escribir y probar el código.

Son los encargados de realizar las tareas priorizadas por el Product Owner. Es un equipo multifuncional y auto-organizado. Son los únicos que estiman las tareas del product backlog, sin dejarse influenciar por nadie. Los equipos de desarrollo no tienen sub-equipos o especialistas. La finalidad de esto es transmitir la responsabilidad compartida si no se llegan a realizar todas las tareas de un sprint.

### Los eventos del equipo Scrum

Tabla 4 — Eventos del equipo Scrum

Ceremonia	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana
Sprint plannig	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas
Daily Scrums	15 minutos	15 minutos	15 minutos	15 minutos
Sprint Review	1 horas	2 horas	3 horas	4 horas
Sprint Retrospective	45 minutos	1:30 horas	2:13 horas	3 horas
Grooming	Entre el 5% y el 10% del tiempo disponible del sprint			

FUENTE: Miguel Angel, (2022) – WAM GLOBAL

Este timebox refleja las diferentes ceremonias Scrum y su peso en horas según se avanza en semanas de trabajo. El desarrollo iterativo se realiza en un sprint que contiene los siguientes eventos Scrum: **sprint planning, daily meeting, sprint review, sprint retrospective y grooming.**

Antes de profundizar en los diferentes eventos, es importante definir qué es un sprint en Scrum. El sprint es el corazón de este marco de trabajo, el contenedor de los demás hitos del proceso.



Todo lo que ocurre en una iteración para entregar valor está dentro de un sprint. La duración máxima es de un mes, el tiempo se determina en base al nivel de comunicación que el cliente quiere tener con el equipo. Los sprints largos pueden hacer que se pierda feedback valioso del cliente y poner en peligro el proyecto.

1. **Sprint planning:** En esta reunión todo el equipo Scrum define qué tareas se van a abordar y cuál será el objetivo del sprint. La primera reunión que se hace en el sprint puede llegar a tener una duración de 8 horas para sprints de un mes.

El equipo se hace las siguientes preguntas:

- ¿Qué se va a hacer en el sprint? En base a ello, se eligen tareas del Product Backlog.
- ¿Cómo lo vamos a hacer? El equipo de desarrollo define las tareas necesarias para completar cada ítem elegido del Product Backlog.

La definición de qué se va a hacer implica que el equipo tenga un objetivo y se encuentre comprometido con la entrega de valor que se hará al cliente al final del sprint. A esto se le llama Sprint Goal. El resultado de esta reunión es el Sprint Goal y un Sprint Backlog (que revisaremos más adelante).

2. **Daily meeting:** Es una reunión diaria dentro del sprint que tiene como máximo 15 minutos de duración. En ella deben participar, sí o sí, el equipo de desarrollo y el Scrum Master. El Product Owner no tiene la necesidad de estar presente. En esta reunión diaria el equipo de desarrollo hace las siguientes 3 preguntas:

- ¿Qué hice ayer?
- ¿Qué voy a hacer hoy?
- ¿Tengo algún impedimento que necesito que me solucionen?

Una Daily Scrum es el lugar más oportuno para poder inspeccionar el trabajo y poder adaptarse en caso de que haya cambio de tareas dentro de un sprint.

### **3. Sprint review**

La review del valor que vamos a entregar al cliente se hace en esta reunión, al final de cada sprint. Su duración es de 4 horas para sprints de un mes y es la única reunión de Scrum a la que puede asistir el cliente.

En esta reunión el Product Owner presenta lo desarrollado al cliente y el equipo de desarrollo muestra su funcionamiento. El cliente valida los cambios realizados y además brinda feedback sobre nuevas tareas que el Product Owner tendrá que agregar al Product Backlog.

### **4. Sprint retrospective**

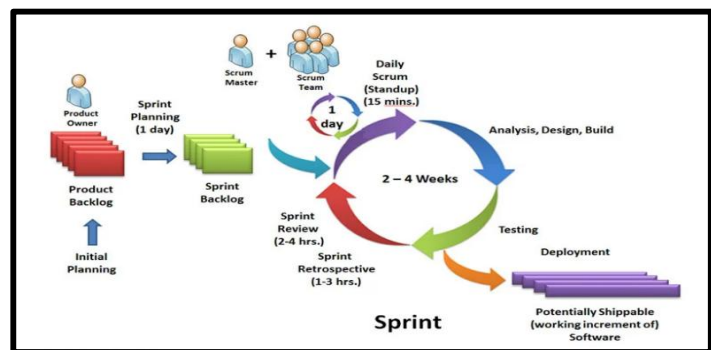
La retrospectiva es el último evento de Scrum, tiene una duración de 3 horas para sprints de un mes, y es la reunión del equipo en la que se hace una evaluación de cómo se ha implementado el framework Scrum en el último sprint.

Es una gran oportunidad para el equipo Scrum de inspeccionarse a sí mismo, proponiendo mejoras para el siguiente sprint. El resultado es una lista de mejoras que debe aplicar el siguiente día, ya que al finalizar la retrospectiva, inmediatamente comienza un nuevo sprint, que incluye los mismos eventos mencionados anteriormente.

## 5. Grooming

El Grooming en Scrum es el tiempo de revisión que se dedica dentro de los equipos durante los sprints para refinar los requerimientos. Es una reunión que no debe ocupar más del 10% del tiempo disponible del sprint.

Las tareas de usuario se revisan con un par de sprints de ventaja para que cuando llegue el equipo ya esté todo listo para el desarrollo de la tarea.



FUENTE: Dario Mujica — Consultor

Figura 11 — Proceso de la metodología Scrum

### 3.2.2 Cultivo de la fresa

#### 3.2.2.1 Origen del cultivo

De acuerdo a INFOAGRO, (2017) el origen del género *Fragaria* no está bien definido. No obstante, este género agrupa unos 400 taxones descritos de los cuales 20 están reconocidos. En la actualidad, las variedades comerciales son híbridos de *F. chiloensis*, de origen chileno y *F. virginiana* del Este de Norteamérica (*fragaria* x *ananassa*).



### 3.2.2.2 Taxonomía y morfología

- **Taxonomía**

**Tabla 5 — Clasificación de la fresa**

<b>Reino</b>	<b>Vegetal</b>
<b>Familia</b>	Rosaceae
<b>Género</b>	Fragaria
<b>Especie</b>	F. vesca, F. chiloensis F. virginiana, F. moschata F. indica
<b>Nombre común</b>	Fresa, Fresón, Frutill

FUENTE: Ficha Técnica INFOAGRO, (2017)

- **Morfología**

De la ficha Técnica INFOAGRO, (2017), Se trata de una planta herbácea, perenne y de porte rastrero. El **sistema radicular** presenta un sistema radicular fasciculado, compuesto por raíces y raicillas.

Las primeras presentan un cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de éste, son de color más claro y tienen un periodo de vida corto (de algunos días o semanas). Estas raicillas sufren un proceso de renovación fisiológico, aunque influenciado por factores ambientales, patógenos de suelo, etc. La profundidad del sistema radicular es variable, dependiendo entre otros factores, del tipo de suelo y la presencia de patógenos en el mismo. En condiciones óptimas pueden alcanzar los 2-3m, aunque lo normal es que no sobrepasen los 40cm, encontrándose la mayor parte (90%) en los primeros 25 cm.

El tallo está constituido por un eje corto de forma cónica llamado “corona”, en el que se observan numerosas escamas foliares. De esta corona, nacen también algunos tallos rastreros que producen raíces adventicias, de las cuales brotan nuevas plantas (estolones) que no



interesan y por tanto se deben eliminar, Ficha Técnica INFOAGRO, (2017).

Las hojas se insertan en la corona y se disponen en roseta. Presentan un largo peciolo y están provistas de dos estípulas rojizas. Su limbo está dividido en tres folíolos con un gran número de estomas (300-400 estomas/mm<sup>2</sup>), pediculados y de bordes aserrados. Ficha Técnica INFOAGRO, (2017).

Las inflorescencias se pueden desarrollar a partir de una yema terminal de la corona o de yemas axilares de las hojas. La ramificación de la inflorescencia puede ser basal o distal. En el primer caso aparecen varias flores de porte similar, mientras que en el segundo aparece una única flor terminal y otras laterales de menor tamaño. La flor tiene 5-6 pétalos, 20-35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso. Fruto: Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. El desarrollo de los aquenios, distribuidos por la superficie del receptáculo carnoso, estimula el crecimiento y la coloración de éste, dando lugar al fruto, comúnmente llamado fresón. Los frutos son pequeños aquenios de color oscuro dispuestos sobre el engrosamiento del receptáculo. (Ficha Técnica INFOAGRO, (2017).



FUENTE: Infoagro

**Figura 12 — Fruto de fresa variando de color**

### 3.2.2.3 Requerimientos edafoclimáticos

De la ficha Técnica INFOAGRO, (2017), El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el proceso de cultivo de la fresa, los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de la fresa son:

- **Clima:** La fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas. Su parte vegetativa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta  $-20^{\circ}\text{C}$ , aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$ . Al mismo tiempo son capaces de sobrevivir a temperaturas estivales de  $55^{\circ}\text{C}$ .
- **Luz:** En cuanto a la luz, necesitan 12h de luz diarias para tener buena productividad.
- **Temperatura:** El rango óptimo de temperatura durante la fructificación, debe oscilar en torno a los  $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$  de media anual. Temperaturas por debajo de  $12^{\circ}\text{C}$  durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por el frío. Un periodo prolongado de tiempo muy caluroso ( $>25^{\circ}\text{C}$ ), puede originar una maduración y coloración del fruto demasiado rápida, lo cual le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización. No obstante, el fresón necesita acumular una serie de horas-frío, con temperaturas por debajo de  $7^{\circ}\text{C}$ , para que su vegetación y fructificación sea abundante.
- **Humedad del aire:** Los factores más determinantes en la evaporación de agua en un cultivo son el aporte de energía del sol y el aire circundante. La diferencia entre la presión de vapor de agua en la superficie evapotranspirante y el aire circundante es el factor determinante en la variación del vapor. Tal y como se ha explicado anteriormente en zonas secas y calientes bien regadas, consumen una



gran cantidad de agua debido a la energía proporcionada por el sol. Sucede lo contrario en zonas húmedas, donde la elevada humedad reduce la evapotranspiración aun teniendo un gran aporte de energía.

- **Humedad relativa.**

El rango óptimo de humedad relativa oscila entre el 65 y 70%. Si la presencia de humedad es excesiva, favorece la presencia de enfermedades, mientras que, si es deficiente, provoca daños en la producción. La humedad relativa es el cociente entre la cantidad de agua que contiene el aire a una determinada temperatura y la cantidad que podría contener si estuviera saturado a la misma temperatura. El valor de la humedad relativa es adimensional y se expresa en forma de porcentaje. Aunque la presión real de vapor puede ser relativamente constante a lo largo del día, la humedad relativa fluctúa entre un valor máximo al amanecer y un valor Mínimo a primeras horas de la tarde. La variación de la humedad relativa se produce porque la presión de saturación de vapor depende de la temperatura del aire. Como la temperatura del aire cambia durante el día, la humedad relativa también cambia substancialmente.

- **Suelo:** La influencia del suelo, su estructura física y contenido químico es una de las bases para el desarrollo del fresón. Éste prefiere suelos equilibrados, ricos en materia orgánica, aireados, bien drenados, pero con cierta capacidad de retención de agua. El equilibrio químico de los elementos nutritivos se considera más favorable que una riqueza elevada de los mismos. Niveles bajos de patógenos son igualmente indispensables para el cultivo. La granulometría óptima de un suelo para el cultivo del fresón aproximadamente es de:

1. 50% de arena silícea
2. 20% de arcilla
3. 15% de calizas

4. 5% de materia orgánica, para una buena evolución de la materia orgánica, se debe considerar un valor de C/N de 10.

En cuanto a las características físico-químicas que debe reunir el suelo de un fresal se tiene:

- **La salinidad**, la fresa no tolera altos niveles. La  $CE_{es}$  no debe superar 1mmhos/cm. También es muy sensible a la caliza activa, especialmente a valores superiores al 5%, pues provoca el bloqueo del hierro con la consecuente clorosis.
- **Sustrato**: Requiere suelos, preferiblemente arenosos o franco-arenosos, con buena capacidad de aireación y drenaje y alto contenido en materia orgánica. El pH debe oscilar en torno a 6-7.
- **Nivel de ph**: la fresa soporta bien valores entre 6 y 7. Situándose el óptimo en torno a 6,5 e incluso menor
- **Materia orgánica**: serían deseables niveles del 2 al 3%

#### 3.2.2.4 Características de la fresa

Para caracterizar el fruto según su tamaño y color, se pueden tomar como parámetros de referencia los requisitos mínimos de calidad que establece la norma NTC 4103 de 1997.

Son de calidad extra aquellas fresas con forma característica es firmes, enteras y con cáliz rojo uniforme entre el 50 – 80 % de su superficie, libres de deformaciones, cicatrices y sin presencia de hongos ni humedad exterior; como también hay fresas de Calidad I, cuya forma característica es firmes, enteras y con cáliz rojo uniforme entre el 50 – 80 % de su superficie, con leves deformaciones, cicatrices y sin presencia de hongos ni humedad exterior.

### 3.3 Marco conceptual

#### 3.3.1 Riego agrícola

Los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción, por ello es necesario reponerla y que quede disponible para las plantas.



En riego, siempre se deben reducir las pérdidas de agua, haciendo un uso más eficiente de la misma. La eficiencia de riego es la cantidad de agua disponible para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó.

### **3.3.2 Riego tecnificado**

El riego tecnificado o la tecnificación de riego se refiere al aprovechamiento eficiente de los recursos acuíferos, a partir del uso adecuado de la tecnología en beneficio de la agricultura; está diseñado para saber cuándo, cuánto y cómo regar, permitiendo la aplicación en los cultivos de agua, fertilizantes y nutrientes de forma segura.

Esta técnica se puede orientar a la disminución del consumo de agua, reducción de trabajo, facilidad de aplicación, aumento de producción por unidad o superficie y obtención de productos con mejor calidad

### **3.3.3 Sistema de riego**

Se entiende por *sistema de riego* al conjunto de estructuras que posibilita determinar el área cultivable y aplicar a los cultivos el volumen de agua requerido para su adecuado desarrollo. Este sistema está conformado por diversos componentes. El conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión, o por goteo.

### **3.3.4 Factores climáticos o edafoclimáticos**

Son los factores climáticos que influyen en el proceso del cultivo de una planta. Estos son: el clima, la temperatura, velocidad del viento, humedad, pH, etc.

### **3.3.5 Sistema de riego automatizado**

Un sistema de riego programado consiste en una red de tuberías y válvulas (llaves de agua) que entrega agua proveniente de la red de agua potable a los rociadores que están distribuidos en la zona de cultivo cuando las válvulas de la instalación están abiertas. Este sistema es manejado por un controlador, el cual envía una señal eléctrica a las distintas válvulas de la instalación para que dejen pasar agua hacia los rociadores a la hora y por el tiempo definidos por el usuario.



### **3.3.6 Arduino**

Arduino, es una compañía open source y open hardware, así como un proyecto y comunidad internacional que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware para construir dispositivos digitales y dispositivos interactivos que puedan sensar y controlar objetos del mundo real. Arduino se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios. Los productos que vende la compañía son distribuidos como Hardware y Software Libre, bajo la Licencia Pública General Reducida de GNU (LGPL) o la Licencia Pública General de GNU (GPL)

### **3.3.7 Microcontrolador**

Un microcontrolador (abreviado  $\mu\text{C}$ , UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

### **3.3.8 Sensor**

Los transductores o sensores son dispositivos capacitados para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. Estos elementos se pueden dividir en dos tipos según la forma de su señal de salida en digitales o analógicos

### **3.3.9 Actuador**

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre elemento externo.

### **3.3.10 Sistema de control automatizado**

Un sistema de control automatizado, sea domótica o inmótica, está compuesta por tres componentes fundamentales: Sensores, sistema de control (elementos) y actuadores.



### 3.3.11 Calidad de software

La calidad del software puede ser descrito en términos de una o más de seis características básicas, las cuales son: funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad; cada una de las cuales se detalla a través de un conjunto de subcaracterísticas que permiten profundizar en la evaluación de la calidad de productos de software.



## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1 Tipo y nivel de investigación**

##### **4.1.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue de carácter aplicada tecnológica, debido a que se orientó a la resolución de problemáticas presentes en el proceso de cultivo de la fresa. En este sentido, se priorizó la aplicación de conocimientos relacionados con sistemas embebidos y sistemas de control, con el propósito de implementar un sistema de riego automatizado que permitiera mejorar dicho proceso de cultivo.

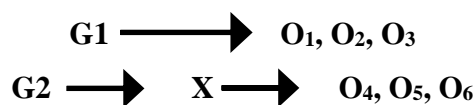
##### **4.1.2 Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue explicativo, debido a que se buscó la explicación y determinación de los fenómenos estudiados. En el enfoque cuantitativo, este nivel permitió aplicar estudios de tipo predictivo, mediante los cuales fue posible establecer relaciones causales entre diversas variables. En este caso, se explicó la relación existente entre la implementación del sistema de riego automatizado y la reducción del tiempo del ciclo de producción de la fresa.

#### **4.2 Diseño de investigación**

El diseño de la investigación fue cuasi-experimental, en el cual la manipulación de la variable independiente sobre la variable dependiente permitió evidenciar en qué medida un sistema de riego automatizado mejoró el proceso de cultivo de la fresa. Este diseño permitió realizar el seguimiento tanto a un grupo experimental, que empleó el sistema de control de riego automatizado, como a un grupo de control, que no contó con dicho sistema. Se utilizará dos grupos de trabajo, el grupo 1 tomará los datos utilizando el

método tradicional, mientras que el grupo 2 tomará los datos empleando el sistema de riego automatizado:



Donde:

- **X = Variable Independiente**
- **G1:** Grupo sin aplicación del sistema de riego automatizado
- **G2:** Grupo con aplicación del sistema de riego automatizado
- **O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>** = Mediciones pre-test de la variable dependiente
- **O<sub>4</sub>, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub>** = Mediciones post-test de la variable dependiente

### 4.3 Población y muestra

#### 4.3.1 Población:

La investigación se realizó en el fundo el Carmen de Ollantaytambo Cusco, cuya plantación de fresas consta de 1 Hectárea de extensión (10,000 m<sup>2</sup>) y tiene sembrados 90,000 plántones de fresa del tipo San Andrés.

#### 4.3.2 Muestra:

La técnica de muestreo utilizada en la presente investigación fue el muestreo no probabilístico, específicamente el muestreo subjetivo por decisión razonada, basado en criterios definidos por el investigador. La investigación se desarrolló mediante la implementación de un prototipo con cielo cubierto y un sistema de riego automatizado dependiente de variables edafoclimáticas. El cultivo de fresa se estableció en un área de 72 m<sup>2</sup>, donde se sembraron 1200 plántones, distribuidos en seis lomos.

### 4.4 Procedimiento de la investigación

Luego de haberse ejecutado las labores y prácticas culturales inherentes al cultivo de la fresa, se procedió con la etapa correspondiente al desarrollo de la investigación, llevándose a cabo los siguientes procedimientos:

- a) **Proceso I:** en el cual se realizó las siguientes actividades:



- ✓ Capacitación, sobre temas relacionados al cultivo de la fresa, sus requerimientos edafoclimáticos y sistemas de riego.
- ✓ Diseño del circuito eléctrico y selección del hardware necesario:
  - Sensores: de humedad, temperatura.
  - Actuadores: interruptores, electroválvulas, bombas, etc.
  - Unidades de control: microcontrolador, ordenadores, etc.)
  - Sistemas de protección eléctrica.

Todo ello teniendo en cuenta las características y/o requerimientos Edafoclimáticos de la fresa y el tamaño del terreno.

b) **Proceso II:** desarrollo del circuito de control y software necesario, basado en el cálculo preciso de las necesidades de cultivo, el mismo que permitirá el control de los sensores y actuadores, automatizando el riego teniendo en cuenta las necesidades de los plántones de fresa, quiere decir humedad, temperatura. El mismo que, de acuerdo a la metodología que se empleó consta de las siguientes fases:

**1ª Fase : Diagnóstico:** Se hizo la identificación de la problemática existente, recopilando la información necesaria para realizar el diagnóstico correspondiente

**2ª Fase: Planificación del proyecto:** En esta a fase se hizo el análisis de la información obtenida y se obtiene por parte del usuario los requerimientos que tiene el Sistema de Control de riego automatizado, al mismo tiempo se selecciona el hardware necesario para implementar el circuito correspondiente.

**3ª Fase Diseño.** En esta fase se desarrollaron dos aspectos:

- Diseño e Implementación de la Estructura del Fitotoldo
- Diseño e implementación del Sistema de riego por goteo
- Diseño del Circuito del riego automatizado

**4ª Fase Codificación:** En esta fase se estuvo en permanente comunicación con el usuario para que se pueda programar todo lo necesario que el proyecto requiere teniendo en cuenta los estándares de calidad, para ellos se llevó a cabo las siguientes actividades:

- Desarrollo del programa de control de riego automatizado,
- Desarrollo de la interfaz que tendrá el proyecto el cual proporciona información del sistema de control de riego automatizado.

**5ª Fase Pruebas:** se realizarán las pruebas necesarias (pruebas unitarias, pruebas de aceptación) para comprobar el funcionamiento del sistema control de riego automatizado, así mismo se realizó el control de calidad del sistema de riego automatizado

- c) **Proceso III:** Se realizó la medición de las variables, Registro de la información sin el sistema de riego automatizado y, registro de la información con el sistema de riego automatizado, para luego hacer una comparación de los resultados.
- d) **Proceso IV: Informe final,** se realizó la redacción del informe final, con las respectivas conclusiones y recomendaciones.

## 4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 4.5.1 Técnica

Para hacer efectiva la recolección de información necesaria para el desarrollo del proyecto, se utilizaron las siguientes técnicas, que se describen a continuación:

- **Observación**

Se realizó varias visitas al fundo el Carmen, donde se pudo observar el sistema de riego tecnificado por goteo cuyo control es manual, mediante una ficha de observación.

- **Entrevista**

Se realizó entrevistas a los responsables del cultivo de la fresa, para obtener información acerca de las características del proceso de cultivo de la fresa, sobre todo de los requerimientos Edafoclimáticos para obtener una cosecha con alto rendimiento, frecuencia del riego y fertirriego y los elementos que son utilizados para esta labor, mediante una ficha de entrevista.

- **Encuesta**

Con el propósito de conocer la percepción de los usuarios del fundo el Carmen, con respecto al sistema de riego automatizado, se aplicó una encuesta con la escala de Likert.

#### **4.5.2 Instrumentos de investigación**

Se realizó el registro del riego en todas las etapas del desarrollo del cultivo de la fresa, con la finalidad de conocer el tiempo que demora el ciclo de producción, la cantidad de agua que se utilizó en el riego en todo el proceso, la producción de la cosecha de la fresa en kilogramos. Utilizando para el sistema de riego sin control el aplicativo Excel, y para el sistema de riego de control se utilizó una pantalla LCD mediante el cual se puede visualizar los datos de humedad, volumen de agua, tiempo, etc.

Así mismo estos datos obtenidos por Arduino se han conectado a una base de datos, con la finalidad de desarrollar una interfaz gráfica de escritorio que permita visualizar en tiempo real el consumo de agua durante el proceso de cultivo de fresa, cómo también se ha podido visualizar la temperatura y humedad, de otro lado con el sistema de riego controlado se genera reporte del tiempo de ciclo de producción, consumo de agua y producción en kilogramos por cosecha.

Se aplicó un cuestionario a los usuarios para recoger información respecto a la de Funcionabilidad, Usabilidad y Mantenibilidad.

- Libros, artículos, cuaderno de notas y capacitación.
- Recopilación de Material Bibliográfico por Internet



### 4.5.3 Instrumentos y recursos de hardware y software

**Tabla 6 — Recursos de hardware y software**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Instrumentos</b>	
Multímetro	01
<b>Recursos hardware</b>	
Arduino Mega R3	01
Sensor de temperatura y humedad del ambiente	01
Sensor de humedad de suelo	03
Sensor de caudal de agua	03
Válvula electrónica	03
Módulo relay de 12v de 4 canales	01
Reductor de voltaje de 12v a 5V	01
Diodos led	06
Pantalla GLCD 128*64	01
Pantalla LCD 12*	01
Ventilador	02
Cable de conexión tipo M-M; H-M; H-H	40
Protoboard 400 puntos	02
Computadora	01
<b>Recursos de Software</b>	
Sistema operativo Windows	
Processing	
Motor de base de datos	



#### 4.5.4 Materiales e insumos

Tabla 7 — Materiales necesarios para el fitotoldo

Nombre	Características
Tubo de Agua	PVC de 2"
Cinta	Ro-Drip
Abrazadera	3/8"
Plástico	Mulch
Tubo de acero	2"
Plástico	10 C
Malla rachell	
Grapas	Industrial STCR
Tensores	Acero galvanizado
Fierro	Galvanizado
Conectores	Manguera roscada
Conectores	Válvula ramal
Conectores	Cable flexible
Conectores	Variados
Filtro	De disco 2"
Rotoplas	
Llave de paso	

#### 4.6 Análisis estadístico

Para la contrastación de las hipótesis es necesario realizar la prueba de normalidad en SPSS, lo que nos permitirá comprobar la distribución de normalidad o no normalidad de los datos y de esta forma determinamos si realizamos una prueba paramétrica o no paramétrica, para ello aplicamos el estadístico de Kolmogorov - Smirnov por tratarse de una muestra > de 50.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Análisis de resultados

En este capítulo se describen los resultados que se obtuvieron en el trabajo de investigación, los cuales están relaciones con la calidad del software en sus métricas de Funcionabilidad, Usabilidad y Mantenibilidad, y los objetivos alcanzados en lo referente al ciclo de producción (tiempo), uso eficiente del agua y mejora de la producción en la cosecha, cuyos resultados pasamos a detallar:

##### 5.1.1 Implementación del sistema de control de riego automatizado

###### 5.1.1.1 Visión del proyecto

Se implementó el sistema de control de riego automatizado para mejorar el cultivo de la fresa en el centro de producción el Carmen – Pachar – Ollantaytambo-Cusco, lo cual nos permitió demostrar que se redujo el ciclo de producción, se hizo uso eficiente del agua y se obtuvo mayor producción en la cosecha.

###### 5.1.1.2 Definiciones y acrónimos

- **Jefe de proyecto:** Persona encarga del diseño e implementación del Sistema de Control de riego automatizado, mantenimiento y control.
- **Usuario monitor:** persona que controla y verifica el riego automatizado.
- **Prueba unitaria:** se utiliza para corroborar la funcionalidad de un código fuente.
- **Jefe del centro de producción el Carmen:** Persona encargada de administra el Fundo el Carmen, encargado de organizar los trabajos,



verificar que los trabajos se desarrollen adecuadamente; a su vez usuario monitor.

- **Trabajadores del centro de producción el Carmen:** Son tres personas encargadas de realizar los trabajos agrícolas, tales como deshierbe, fertilización, podaciòn, cuidado del cultivo y riego,
- **SS:** Sin sistema de Control de riego automatizado
- **CS:** Con sistema de Control de riego automatizado
- **GUI:** Interfaz Gráfica del usuario

### 5.1.1.3 Alcance

Culminado el desarrollo del sistema de control de riego automatizado, se presenta un sistema funcional que nos permite informar de todo el proceso aplicado a este tipo de proyecto en beneficio de los agricultores del fundo El Carmen. Para concretar el proyecto se han planteado metas a alcanzar, según se detalla a continuación:

A. Metas a corto plazo: se llevó a cabo dos actividades:

- EL diseño e instalación del sistema de riego por goteo
- El levantamiento de la información en relación al riego sin sistema de control de riego (SSCR), el mismo que permitió definir los requerimientos funcionales y no funcionales.

B. Metas a mediano plazo: Se realizaron las siguientes acciones:

- Diseño e instalación del invernadero o fitotoldo.
- Diseño e instalación del circuito eléctrico (Hardware) que permita medir la temperatura del ambiente, la humedad de suelo y el caudal de agua, para cuyo efecto se han instalado sensores de temperatura ambiente, humedad de suelo, de caudal de agua, etc),.

C. Diseño del software que controla la automatización del riego del cultivo de fresa, teniendo en cuenta el control de temperatura ambiente, control de humedad de suelo, control de caudal de agua, etc).



D. Metas a largo plazo: finalmente se hizo la entrega del Sistema de control de riego automatizado a los usuarios, teniendo en cuenta los estándares de calidad y los objetivos propuestos.

#### 5.1.1.4 Actividades a desarrollar

- A. Instalación del fitotoldo
- B. Instalación del sistema de riego por goteo
- C. Instalación del circuito eléctrico del riego automatizado
- D. Desarrollo del programa
- E. Pruebas

#### A. Instalación del fitotoldo automatizado

- Plano vista frontal

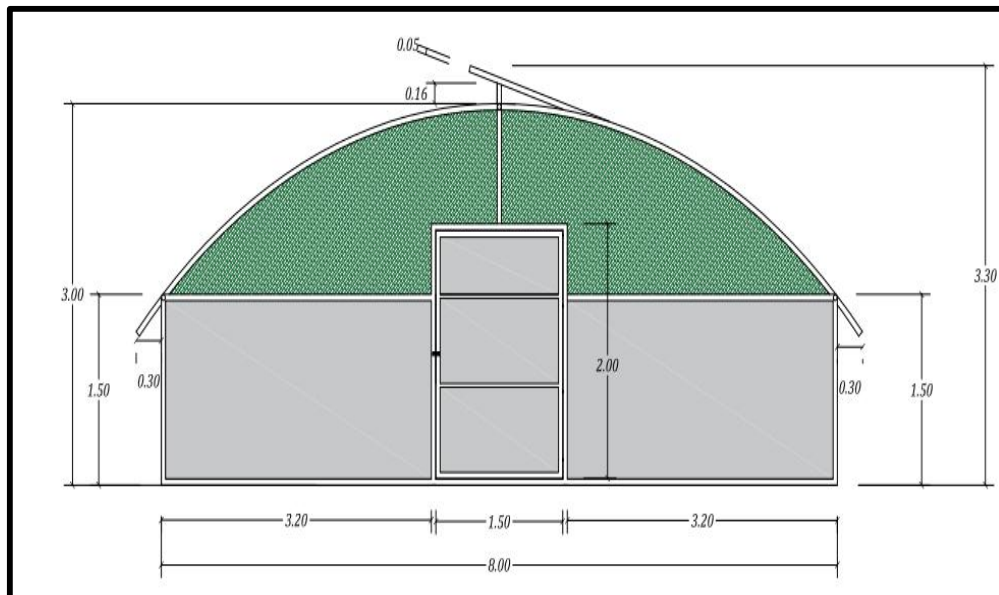
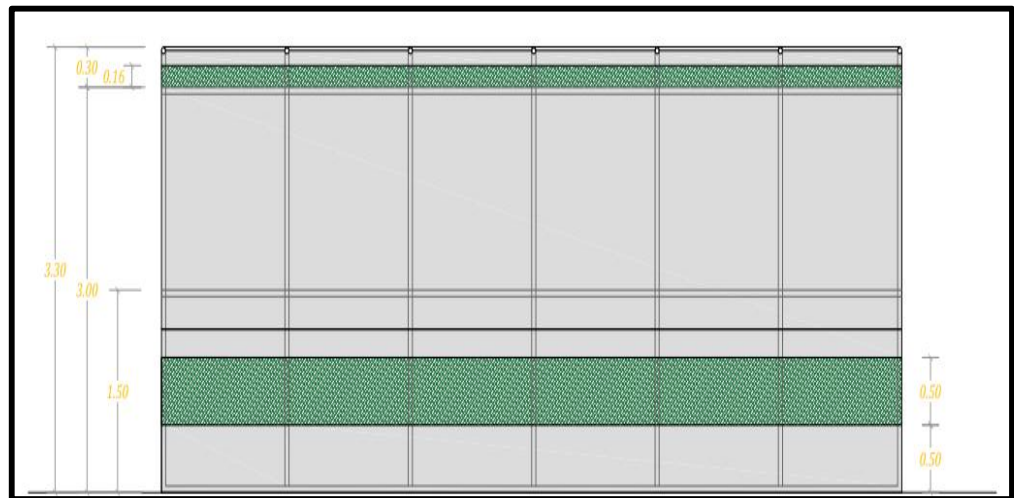


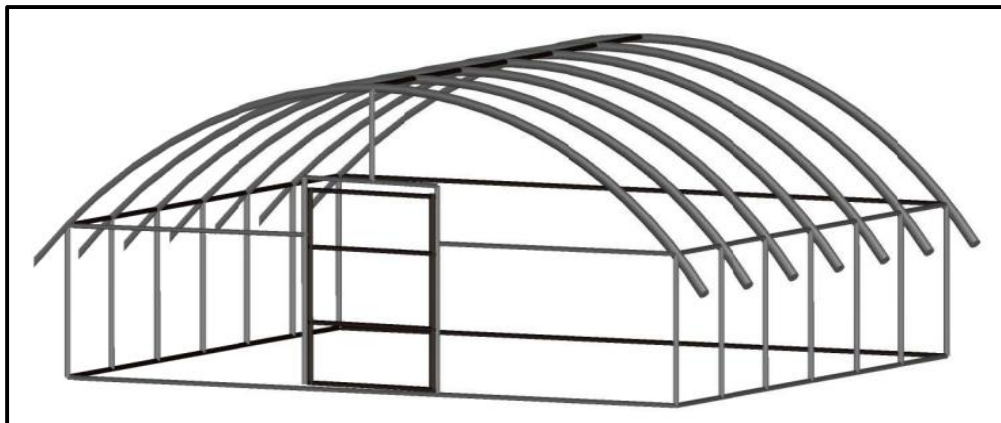
Figura 13 — Plano vista frontal

- Plano Vista Lateral



**Figura 14 — Plano vista lateral**

- Infraestructura: Plano 2D



**Figura 15 — Plano 2D**

- Cubierta de fitotoldo



Figura 16 — Instalación de la cubierta del fitotoldo

#### B. Instalación del sistema de riego por goteo

- Preparado de lomadas: Plano 2D

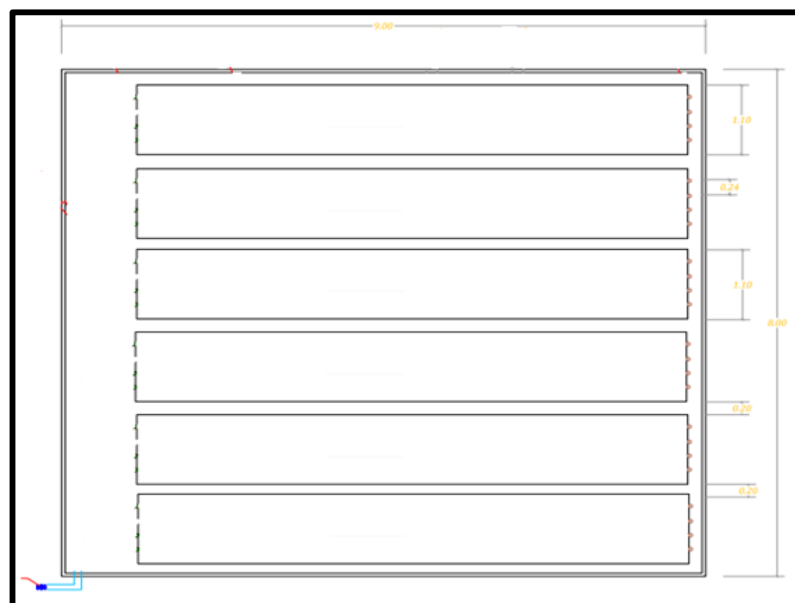
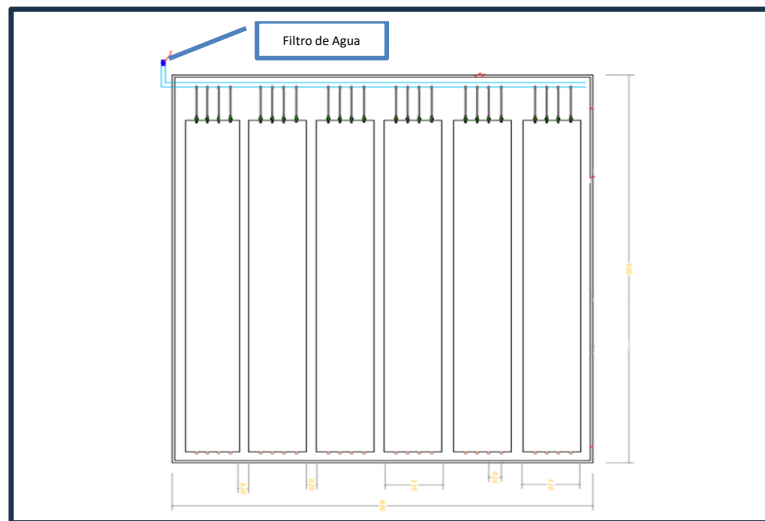


Figura 17 — Plano de las lomadas - plano 2D

- **Plano de Instalación de Cintas de Riego**

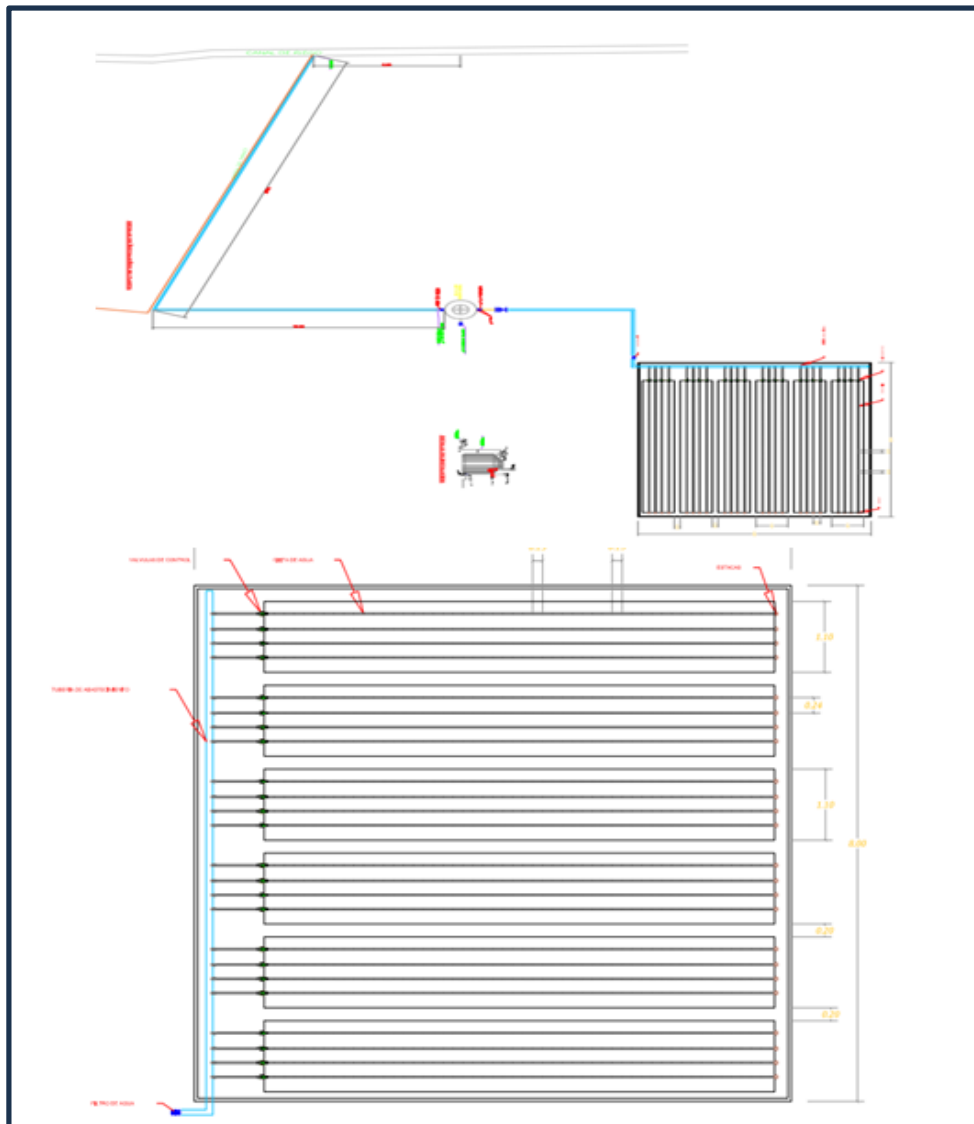


**Figura 18 — Instalación de cintas de riego**

- **Instalación y conexión de agua**

- A) **Conexión dentro de la estructura**

- ✓ Conexiones de tubo principal dentro de la estructura
    - ✓ Conexión de tubo para cada lomo
    - ✓ Conexión de llaves
    - ✓ Conexión de cintas de agua



**Figura 19 — Instalación y conexión de agua dentro de la estructura**

B) Conexión fuera de la estructura

- ✓ Conexión de tubos y captación de agua
- ✓ Conexión de filtro
- ✓ Conexión de tanque de agua

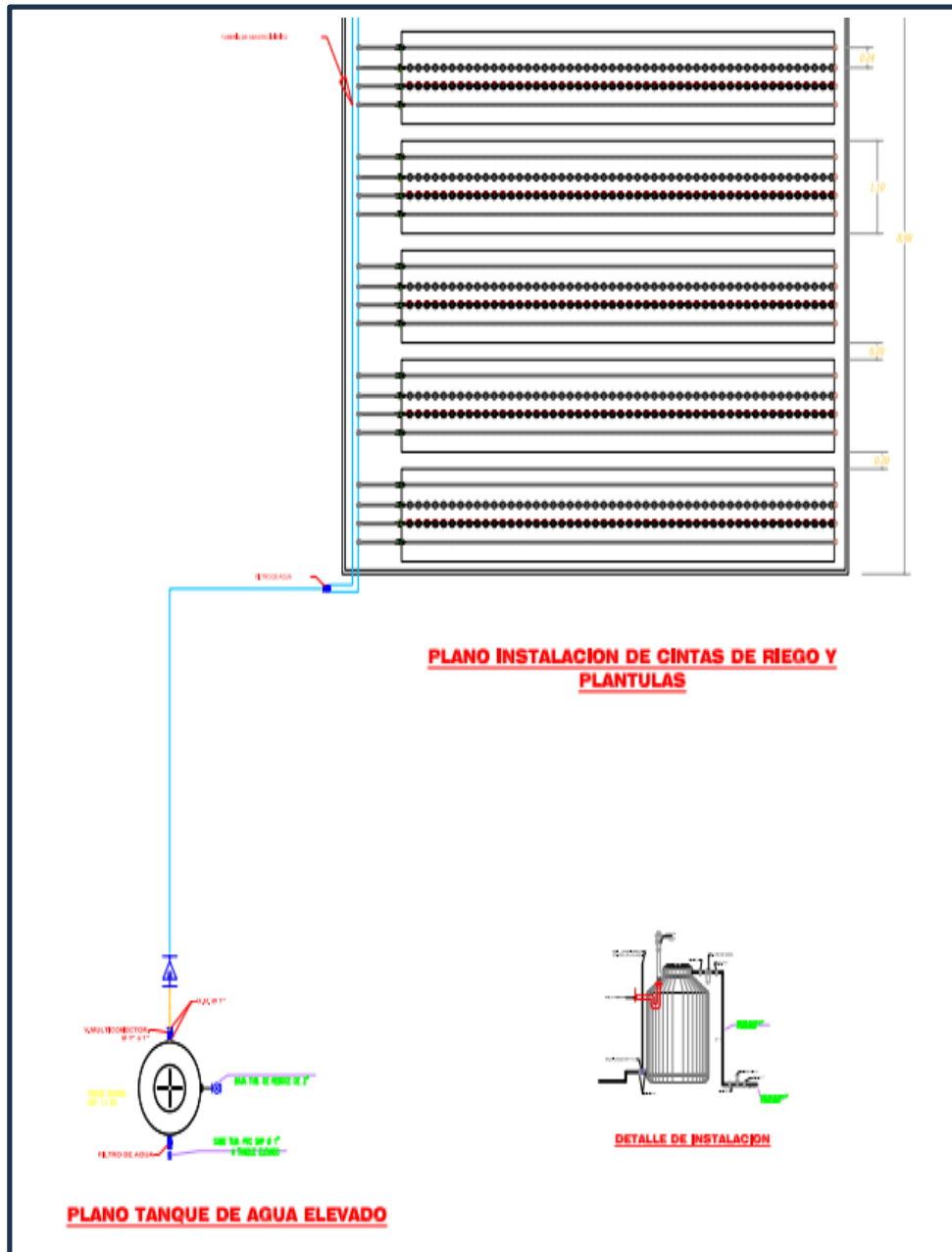










Figura 20 — Instalación y conexión de agua fuera de la estructura

- **Herramientas utilizadas**

**Tabla 8 — Herramientas utilizadas en la construcción del fitotoldo**


<b>Herramienta</b>	<b>Nombre de la herramienta</b>	<b>Logo</b>
Tubo	Agua de 2"	
Cinta	Ro-Drip	
Abrazadera	3/8"	
Plástico	Mulch	
Tuvo de acero	2"	
Plástico	10 C	
Malla rachell		
Grapas	Industrial STCR	
Tensores	Acero galvanizado	

Fierro	Galvanizado	
Conectores	Manguera roscada	
Conectores	Válvula ramal	
Conectores	Variados	
Filtro	De disco 2"	
Rotoplas	De 1000 lt	
Llave de paso	De 2"	


### C. Instalación del circuito eléctrico del riego automatizado




- Herramientas y materiales

**Tabla 9 — Dispositivos electrónicos, herramientas utilizadas**

Herramienta y materiales	Nombre de la herramienta	Logo
Editor de Código	Bloc de notas	



Lenguaje de programación de alto Nivel	Processing (Basado en C++)	
Microcontrolador	ATMEGA 328	
Placa Arduino	Mega R3	
Protoboard	400 puntos	
Cable jumper	Macho – Macho Hembra - Hembra	
Sensor de Temperatura y aire	DHT22	
Sensor	Humedad del suelo	
Sensor	Medir el flujo del agua	
Sensor	Válvula selenoide eléctrica 12 V	

Controlador	I2C para pantalla led	
Multímetro	Digital DB830L	
Ventilador	Trevely	

- Diagrama de bloques del sistema de riego automatizado

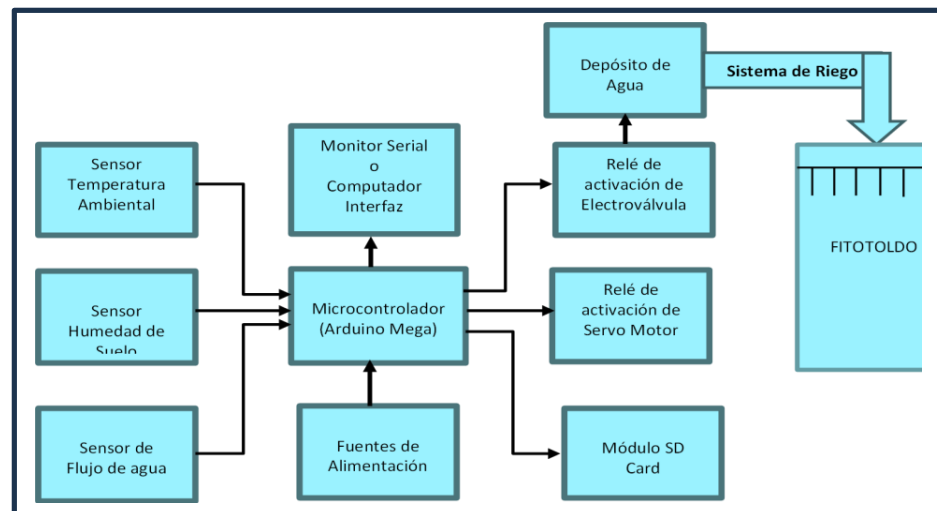
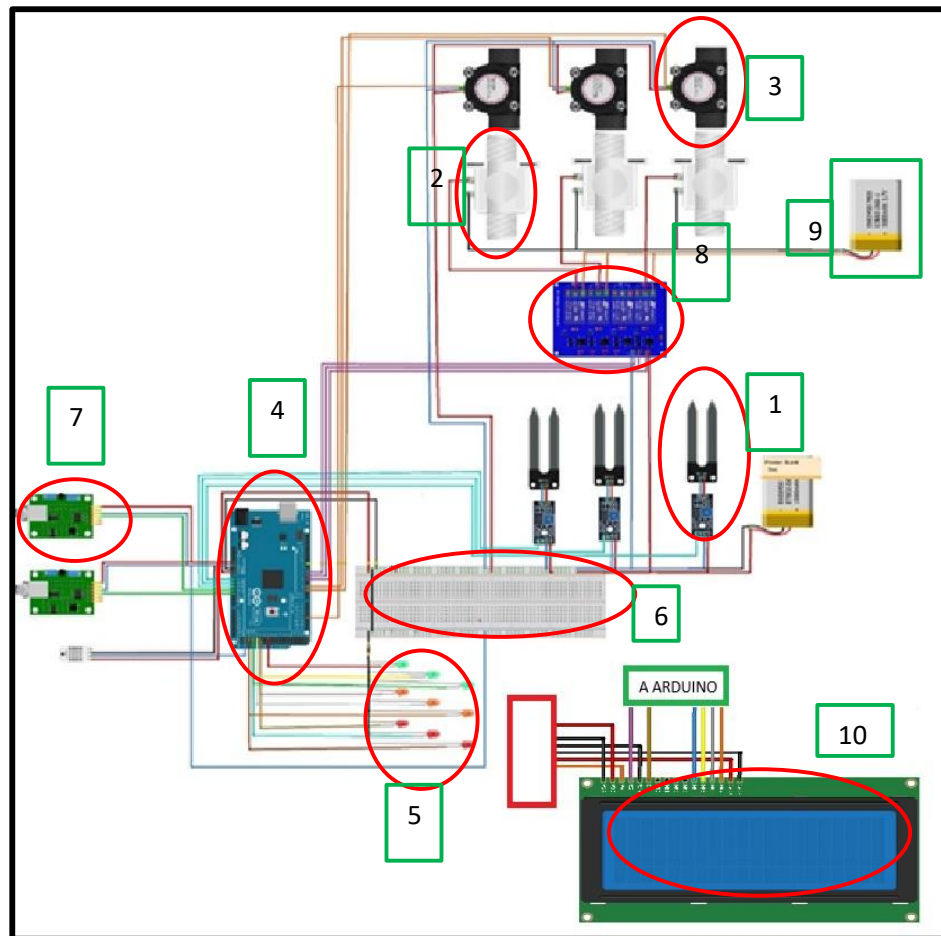


Figura 21 — Diagrama de bloques del sistema de control de riego automatizado

- **Circuito eléctrico de riego automatizado**



**Figura 22 — Circuito de control de riego**

- **Funcionamiento del circuito eléctrico de riego automatizado**

El objetivo del sistema de control de riego automatizado, es el de regar el cultivo de la fresa cuando la planta lo requiera, quiere decir cuando la humedad del suelo no es lo suficiente para garantizar el buen desarrollo de las plantas de fresa.

Se ha utilizado la placa electrónica Arduino Uno, la cual cuenta con el Microcontrolador ATmega328P, dispositivo donde se almacena el programa que permite automatizar el riego del cultivo de la fresa. El circuito controla la humedad del suelo y mediante diodos LEDs emite información sobre el estado de la humedad del suelo, en caso de tierra seca se enciende el led rojo, como señal de alarma. En caso de suelo seco activará el sistema de riego bombeando agua para regar las plantas.



El circuito cuenta con una pantalla LCD para mostrar los valores de humedad, cantidad de agua, etc.

Se ha utilizado tres sensores de humedad dispuestos de manera intercalada en los 06 lomos de la plantación de la fresa, al detectar una humedad por debajo de lo establecido (Humedad 60 %) se activan las válvulas electrónicas permitiendo el paso del agua por el sistema de riego por goteo, directo a la raíz de la planta. Una vez que alcanza el nivel de humedad requerido, se cierran las válvulas electrónicas. La interfaz gráfica, el cual consta de una pantalla LCD, nos muestra los valores de la humedad, la cantidad de agua que se utiliza para el riego mediante el medidor de flujo de agua.

Así mismo se tiene un control de temperatura del ambiente, para lo cual se ha instalado dos ventiladores los cual se activan al detectarse una temperatura mayor a 28° C.

Se cuenta con diodos emisores de luz que permiten visualizar si el sistema está funcionando correctamente.

Los elementos utilizados para la implementación del circuito son, (VER Figura 22):

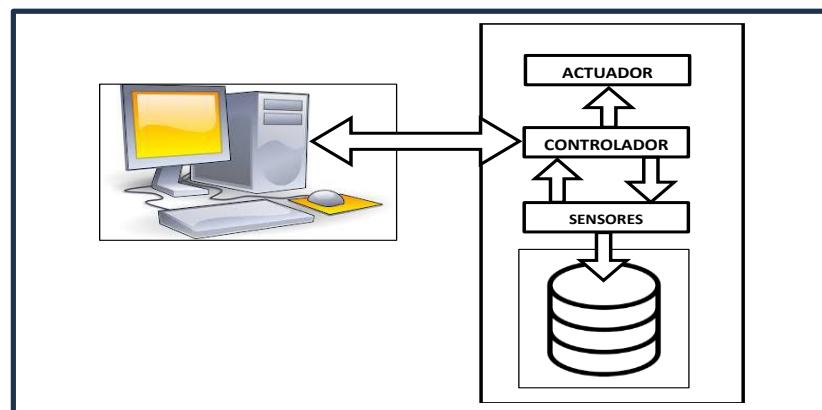
- a) Sensor de humedad de suelo **(1)**: Este detecta la humedad del suelo, determina el nivel de humedad que tiene el suelo de acuerdo a los parámetros de humedad óptimo para el cultivo de fresa, mandando dicha información a la placa Arduino (4), y mostrar información mediante los leds (5) verde, ámbar y rojo; y al controlador pantalla led (8).
- b) Válvula solenoide eléctrica 12 V **(2)**: este recibe información del sensor mediante la placa Arduino (4), cuando la tierra está por debajo de la humedad requerida se activa y da acceso del agua hasta que la humedad sea la deseada.
- c) Medidor del flujo de agua **(3)**: este mide la cantidad de agua que ingresa a cada lomo, según el tiempo que la válvula solenoide eléctrica (2), este abierta, de esta forma se calcula la cantidad de agua, en cada etapa del cultivo de la fresa.
- d) Placa Arduino **(4)**: este recibe información del sensor de humedad, si la humedad está por encima de lo normal, entonces se activa la electroválvula



y envía información mediante los leds (5) verde, ámbar y rojo; y al controlador pantalla led (8).

- e) Led (5): este para cada lomo, rojo, ámbar y verde; estos expresan el nivel de humedad que tiene cada lomo, según los estándares de humedad de la fresa Rojo (cuando la tierra está seco, es decir a falta de agua), ámbar (cuando la planta está en comenzando a estar en peligro, es decir le falta agua) y verde (cuando humedad de la tierra está dentro de margen optimo de humedad).
- f) Placa protoboard (6): placa que facilita la conexión de los diferentes elementos componentes del circuito.
- g) Módulo Relay (7), este nos ayuda a controlar las cargas de electroválvula (2), y motores (ventilador). Es decir, abriendo y cerrando el paso de corriente, o recibiendo información y devolviendo información eléctrica.
- h) Controlador pantalla led (8)
- i) Batería (9)
- j) Pantalla LCD (10)

- **Arquitectura del sistema de riego automatizado**



**Figura 23 — Arquitectura del sistema automatizado de riego**

**Descripción:** El usuario del sistema automatizado de riego, verifica el funcionamiento del sistema; verifica si la humedad de la tierra es adecuada y si el sensor envía la información correcta para realizar el riego por goteo automatizado, o la temperatura ambiente.

- a) **Sensores → Base de datos:** Los sensores miden la humedad del suelo, y temperatura ambiente, envían esas lecturas a un repositorio de datos (la “base de datos”). Ese histórico permite registrar y analizar el comportamiento del sistema.
- b) **Controlador:** Lee continuamente los datos de los sensores (o de la base de datos), compara la señal medida con la consigna deseada, y calcula la acción correctiva necesaria. Es el “cerebro” del lazo de control.
- c) **Actuador:** Recibe la señal de control generada por el controlador y la convierte en una acción física (abrir una electro-válvula, encender un led, mostrar información en pantalla led).
- d) **Ordenador (PC):** Se comunica bidireccionalmente con el controlador, por un lado, muestra al operador (o a un software SCADA/HMI) el estado del proceso y los datos históricos; por otro lado, permite modificar consignas, parámetros de control o gestionar alarmas.

#### D. Desarrollo del programa de control (software)

Para desarrollar el programa de control se ha empleado la metodología ágil SCRUM, el cual detallamos a continuación:

- **Asignación de Personas y Roles del Proyecto**

**Tabla 10 — Asignación de roles**

Miembro	Roles
Pedro Quispe Castro	Product Owner /Dueño del producto
Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Scrum master
Lisbeth Yuvithza Quise Córdova	Equipo scrum (Encargados de escribir y probar el equipo)

**El Product Owner/Dueño del producto:** es la “voz del cliente” y el responsable de desarrollar, mantener y priorizar las tareas en el backlog.



**El Scrum master** es responsable de asegurarse que el trabajo del equipo vaya bien siguiendo las bases de Scrum. Además, se encarga de remover cualquier obstáculo que pueda encontrar el equipo de desarrollo.

**Tabla 11 — Primer sprint**

<b>SPRINT</b> 1	<b>TIEMPO DE SPRINT</b> 4 SEMANAS			<b>AVANCE</b> <b>TOTAL</b> 100%
<b>N° DE TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>ROL</b>	<b>AVANCE</b>
1	Diseño y creación de circuito para detección de humedad de suelo	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Diseño	100%
2	Prueba de sensores Involucrados	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo y Test	100%
3	Prueba de actuadores	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo y Test	100%
4	Implementación en protoboard	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo y Test	100%
5	Diseño y creación de la guía para el control del circuito para detección de humedad	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo y Test	100%
6	Prueba de circuito	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Test	100%



**Tabla 12 — Segundo sprint**

<b>SPRINT</b>	<b>TIEMPO DE SPRINT</b>			<b>AVANCE</b>
<b>2</b>	<b>4 SEMANAS</b>			<b>TOTAL</b>
				<b>100%</b>
<b>N° DE TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>ROL</b>	<b>AVANCE</b>
1	Diseño y creación de circuito para controlar la cantidad de agua	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Diseño	100%
2	Prueba de sensores involucrados	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo y Test	100%
3	Prueba de actuadores	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo y Test	100%
4	Implementación en protoboard	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo y Test	100%
5	Diseño y creación de la guía para el control del circuito para controlar la cantidad de agua	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo y Test	100%
6	Prueba de circuito	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Test	100%



**Tabla 13 — Tercer sprint**

<b>SPRINT</b>	<b>TIEMPO DE SPRINT</b>			<b>AVANCE</b>
<b>3</b>	<b>4 SEMANAS</b>			<b>TOTAL</b>
				<b>100%</b>
<b>N° DE TAREA</b>	<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>ROL</b>	<b>AVANCE</b>
1	Adaptación de componentes a placa de circuito para detección de humedad de suelo	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo	100%
2	Prueba de modulo	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Test	100%
3	Adaptación de componentes a placa de circuito para controlar la cantidad de agua	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Desarrollo	100%
4	Prueba de modulo	Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	Test	100%

### 5.1.1. Análisis de los resultados de la calidad de software

Para evaluar la calidad del software en uso, se ha evaluado las características de Funcionabilidad, Usabilidad y Mantenibilidad del Software, para ellos se aplicó una encuesta de 10 preguntas, basado en la escala de Likert con 05 opciones: Muy Baja: 1; Baja 2; Mediana 3; Bueno 4; Muy bueno 5.

La distribución de las preguntas es la siguiente:



### 5.1.1.1 Métricas de entendibilidad

- **Entendibilidad**

Calcular la entendibilidad del sistema implica evaluar qué tan fácilmente los usuarios comprenden cómo usar el sistema desde su primera interacción, sin necesidad de formación extensa o asistencia.

**Tabla 14 — Métrica entendibilidad**

<b>Nombre:</b>	<b>Funciones evidentes</b>
<b>Propósito:</b>	Qué proporción de las funciones de los sistemas son evidentes al usuario.
<b>Método de aplicación:</b>	Contar las funciones evidentes al usuario y comparar con el número total de funciones.
<b>Medición, fórmula:</b>	$X = A/B$ A = número de funciones (o tipos de funciones) evidentes al usuario B = total de funciones (o tipos de funciones)
<b>Interpretación:</b>	$0 \leq X \leq 1$ Entre más cercano a 1, mejor.
<b>Tipo de escala:</b>	absoluta
<b>Tipo de medida:</b>	$X = \text{count}/\text{count}$ A = count B = count
<b>Fuente de medición:</b>	Especificación de requisitos Diseño Informe de revisión



<b>ISO/IEC 12207</b>	Verificación
<b>SLCP:</b>	Revisión conjunta
<b>Audiencia:</b>	Requeridores Desarrolladores

### 5.1.1.2 Resultado de la entendibilidad

La entendibilidad es una subcaracterística de la usabilidad, y se enfoca en cuánto comprende el usuario las funciones disponibles y cómo acceder a ellas.

Las tareas implementadas y completadas al sistema de riego:

1. Detectar la humedad de suelo.
2. Regar los plántones de fresa.
3. Reducir la cantidad de agua.
4. Detectar la temperatura ambiente.

Las tareas implementadas e intentadas al sistema de riego:

1. Detectar la humedad de suelo.
2. Regar los plántones de fresa.
3. Reducir la cantidad de agua.
4. Detectar la temperatura ambiente.

$$\text{Entendibilidad} = \frac{\text{Número de tareas completadas correctamente}}{\text{Número total de tareas intentadas.}}$$

- Número de tareas completadas correctamente = 4
- Número total de tareas intentadas = 4

Aplicamos la fórmula:

$$\text{Entendibilidad} = \frac{4}{4} = 1$$

La **entendibilidad del sistema es del 100%**, lo que significa que todas las tareas requeridas han sido implementadas correctamente.



### 5.1.1.3 Métricas de funcionabilidad

- **Funcionabilidad**

(Para poder aplicar la métrica de funcionabilidad se debe definir las funciones del sistema: A = número de funciones faltantes y B = Número de funciones descritas en la especificación de los requisitos).

**Tabla 15 — Métrica implementación funcional**

<b>Nombre:</b>	<b>Compleitud de implementación funcional</b>
<b>Propósito:</b>	Qué tan completa está la implementación funcional.
<b>Método de aplicación:</b>	Contar las funciones faltantes detectadas en la evaluación y comparar con el número de funciones descritas en la especificación de requisitos.
<b>Medición, fórmula:</b>	$X = 1 - A/B$ A = número de funciones faltantes B = número de funciones descritas en la especificación de requisitos
<b>Interpretación:</b>	$0 \leq X \leq 1$ Entre más cercano a 1, más completa.
<b>Tipo de escala:</b>	absoluta
<b>Tipo de medida:</b>	X = count/count A = count B = count
<b>Fuente de medición:</b>	Especificación de requisitos Diseño Código fuente Informe de revisión
<b>ISO/IEC 12207</b>	6.6 Validación
<b>SLCP:</b>	6.6 Revisión conjunta



#### 5.1.1.4 Resultado de la adecuación funcional

##### Funcionabilidad

Para evaluar el grado de la funcionabilidad del sistema de control de riego automatizado, sobre sí cumple o no con todas las tareas y objetivos especificadas por el usuario, cuyos resultados detallamos a continuación: Las funciones faltantes, a lo requerido: se cumplió con Las tareas requeridas al sistema de riego.

Las funciones descritas en la especificación de requisitos, son:

1. Detectar la humedad de suelo.
2. Regar los plántones de fresa.
3. Reducir la cantidad de agua.
4. Detectar la temperatura ambiente.

$$\text{Funcionalidad} = 1 - \frac{\text{Funciones faltantes}}{\text{Funciones descritas en la especificación de requisitos}}$$

- Número de funciones faltante = 0
- Número total de funciones requeridas = 4

Aplicamos la fórmula:

$$\text{Funcionalidad} = 1 - \frac{0}{4} = 1$$

La **funcionalidad del sistema es del 100%**, lo que significa que todas las funciones requeridas han sido implementadas correctamente

#### 5.1.1.5 Resultado de la adecuación usabilidad

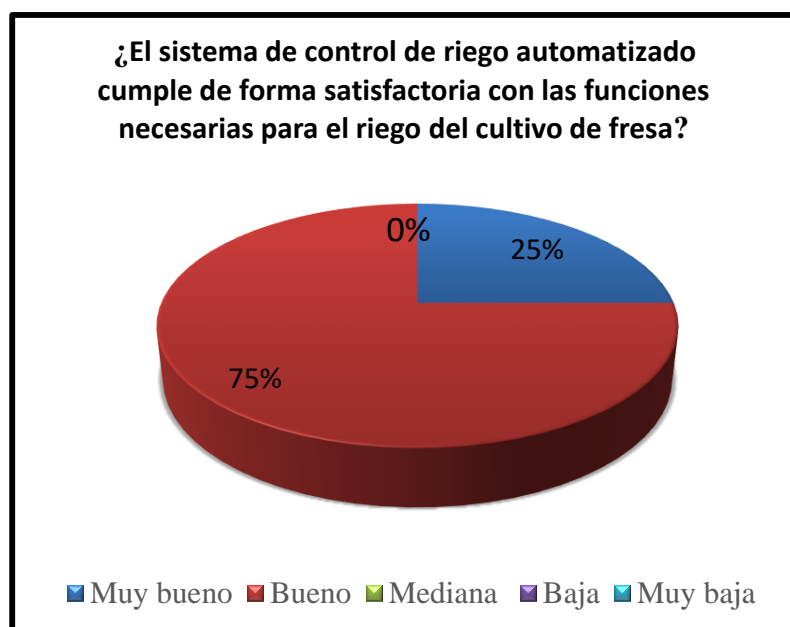
Para determinar la usabilidad del sistema de control de riego automatizado, se realizó una encuesta a los usuarios, relacionadas con la sub función de operatividad (preguntas 3 y 4), capacidad de aprendizaje (preguntas 5 y 6), capacidad para reconocer su adecuación (preguntas 7 y 8) y estética de la interfaz (preguntas 9), cuyos resultados detallamos a continuación:



**Pregunta 1:** ¿El sistema de control de riego automatizado cumple de forma satisfactoria con las funciones necesarias para el riego del cultivo de fresa?

**Tabla 16 — Pregunta 1**

Criterio	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	1	25%
Bueno	3	75%
Mediana	0	0%
Baja	0	0%
Muy baja	0	0%
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>



**Figura 24 — Pregunta 1**

**Interpretación:** en el gráfico 1 vemos que el 75% de los usuarios califica como Bueno la funcionalidad ofrecida por el Sistema de control de riego Automatizado, es decir apoya de manera completa en el proceso de riego del cultivo de la fresa y, el 25% califica como Muy Bueno

**Pregunta 2:** ¿Las funciones disponibles en el sistema de control de riego automatizado cubren todas las necesidades técnicas requeridas para el riego del cultivo de fresa?

Tabla 17 — Pregunta 2

Criterio	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	1	25%
Bueno	3	75%
Mediana	0	0%
Baja	0	0%
Muy baja	0	0%
Total	4	100%

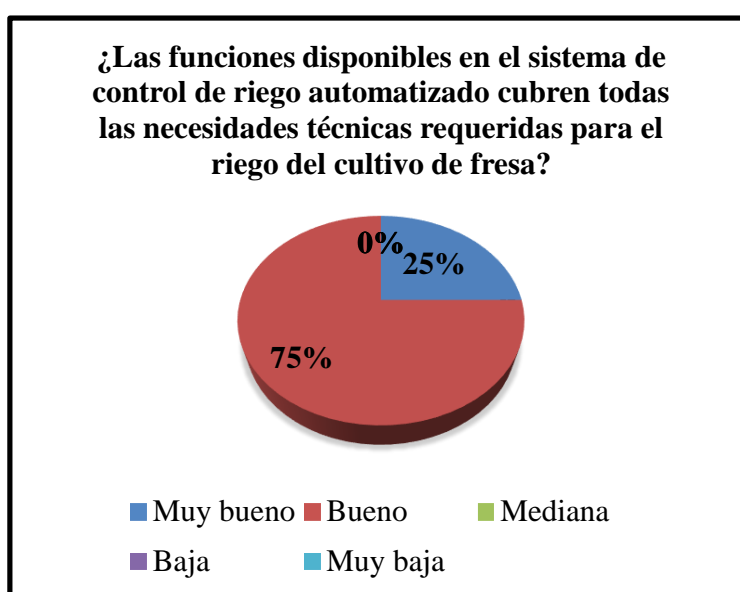


Figura 25 — Pregunta 2

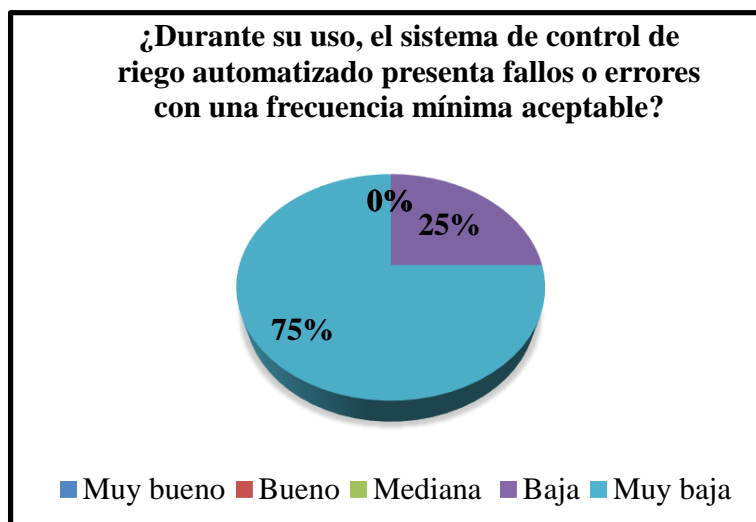
**Interpretación:** en el gráfico 2 se puede observar que el 75% de los usuarios califica como Bueno que, puesto que el Sistema de control de riego Automatizado, contiene todas las funciones que abarcan las necesidades en el proceso de riego del cultivo de la fresa y, el 25% califica como Muy Bueno.

**Sub función operatividad**

**Pregunta 3:** ¿Durante su uso, el sistema de control de riego automatizado presenta fallos o errores con una frecuencia mínima aceptable?

**Tabla 18 — Pregunta 3**

<b>Criterio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Muy bueno</b>	0	0%
<b>Bueno</b>	0	0%
<b>Mediana</b>	0	0%
<b>Baja</b>	1	25%
<b>Muy baja</b>	3	75%
<b>Total</b>	4	100%



**Figura 26 — Pregunta 3**

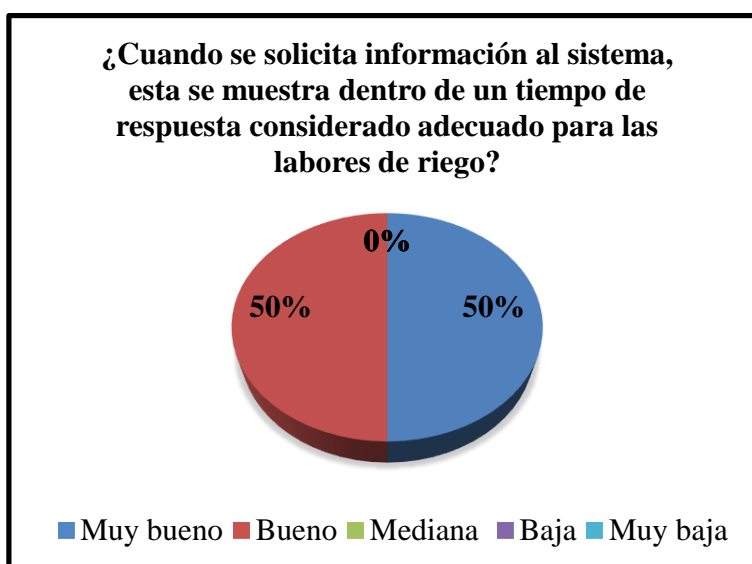
**Interpretación:** de la figura 16 se ve que el 75% de los usuarios califica como **Muy Baja** que, el Sistema de control de riego Automatizado presente errores cuando se está operando en él y, el 25% califica como Baja.



**Pregunta 4:** ¿Cuando se solicita información al sistema, esta se muestra dentro de un tiempo de respuesta considerado adecuado para las labores de riego?

**Tabla 19 — Pregunta 4**

Criterio	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	2	50%
Bueno	2	50%
Mediana	0	0%
Baja	0	0%
Muy baja	0	0%
Total	4	100%



**Figura 27 — Pregunta 4**

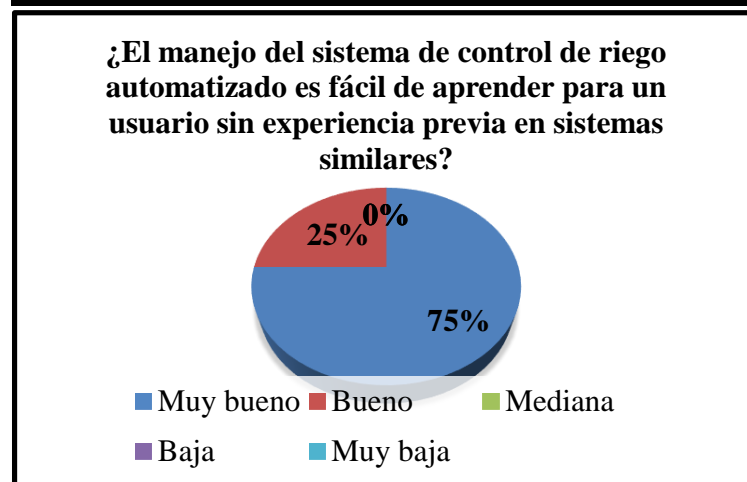
**Interpretación:** vemos en el gráfico 4 que el 50% de los usuarios califica como Muy Bueno, puesto que, cuando se solicita información al Sistema de control de riego Automatizado este despliega dicha información en el tiempo esperado y, el 50% califica como Bueno. Quiere decir que el tiempo de respuesta a la solicitud de información es Muy Bueno (opina el 50%).

### 5.1.1.6 Capacidad de aprendizaje

**Pregunta 5:** ¿El manejo del sistema de control de riego automatizado es fácil de aprender para un usuario sin experiencia previa en sistemas similares?

**Tabla 20 — Pregunta 5**

Criterio	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	3	75%
Bueno	1	25%
Mediana	0	0%
Baja	0	0%
Muy baja	0	0%
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>



**Figura 28 — Pregunta 5**

**Interpretación:** el gráfico 5, se observa que el 75% de los usuarios califica como Muy Bueno, el aprendizaje del Sistema de control en funcionamiento y, el 25% califica como Bueno. Quiere decir que la mayoría opina que es fácil de aprender el uso del sistema de control de riego automatizado.

**Pregunta 6:** ¿Para utilizar el sistema, el nivel de capacitación requerido es razonable y no demanda acompañamiento permanente de un experto?

**Tabla 21 — Pregunta 6**

Criterio	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	0	0%
Bueno	0	0%
Mediana	1	25%
Baja	3	75%
Muy baja	0	0%
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>



**Figura 29 — Pregunta 6**

**Interpretación:** en el gráfico 6, se observa que el 75% de los usuarios califica como Baja, la necesidad de requerir capacitación extensa y un continuo acompañamiento y, el 25% califica como Mediana la necesidad de requerir capacitación extensa.

#### 5.1.1.7 Sub función capacidad para reconocer su adecuación

**Pregunta 7:** ¿La información mostrada en la interfaz del sistema está organizada de forma clara y comprensible?



Tabla 22 — Pregunta 7

Criterio	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	2	50%
Bueno	1	25%
Mediana	1	25%
Baja	0	0%
Muy baja	0	0%
Total	4	100%

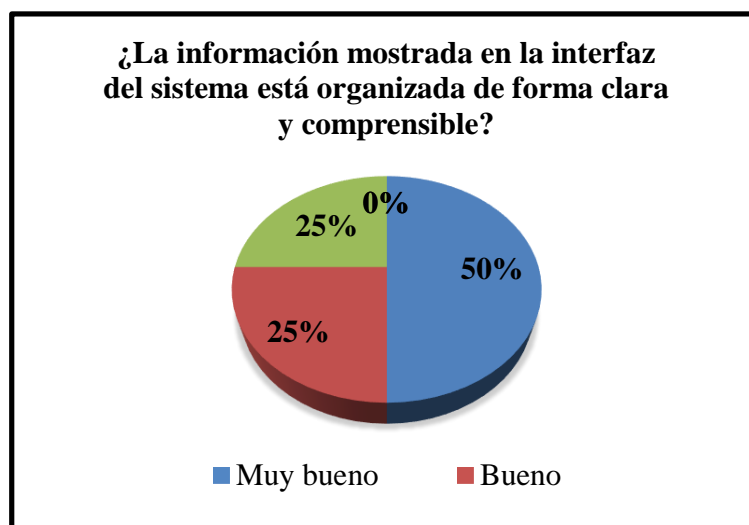


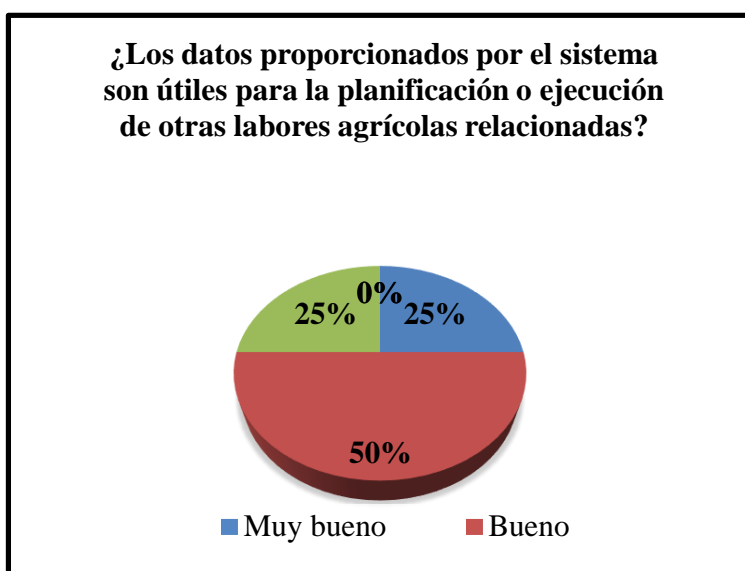
Figura 30 — Pregunta 7

**Interpretación:** en el gráfico 7, se observa que el 50% de los usuarios califica como Muy Bueno, la información presentada en la interfaz gráfica y entendible, mientras que el 25% califica como Bueno y otro 25% como mediana

**Pregunta 8:** ¿Los datos proporcionados por el sistema son útiles para la planificación o ejecución de otras labores agrícolas relacionadas?

**Tabla 23 — Pregunta 8**

Criterio	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	1	25%
Bueno	2	50%
Mediana	1	25%
Baja	0	0%
Muy baja	0	0%
Total	4	100%



**Figura 31 — Pregunta 8**

**Interpretación:** en el gráfico 8, se observa que el 50% de los usuarios califica como Bueno, puesto que la información que proporciona el sistema de control de riego automatizado es útil para realizar otras tareas, mientras que el 25% califica como Bueno y otro 25% como mediana



### 5.1.1.8 Sub función estética de la interfaz de usuario

**Pregunta 9:** ¿El diseño visual del sistema es atractivo y favorece la comodidad durante el trabajo diario?

Tabla 24 — Pregunta 9

Criterio	Cantidad	Porcentaje
Muy bueno	0	0%
Bueno	3	75%
Mediana	1	25%
Baja	0	0%
Muy baja	0	0%
Total	4	100%

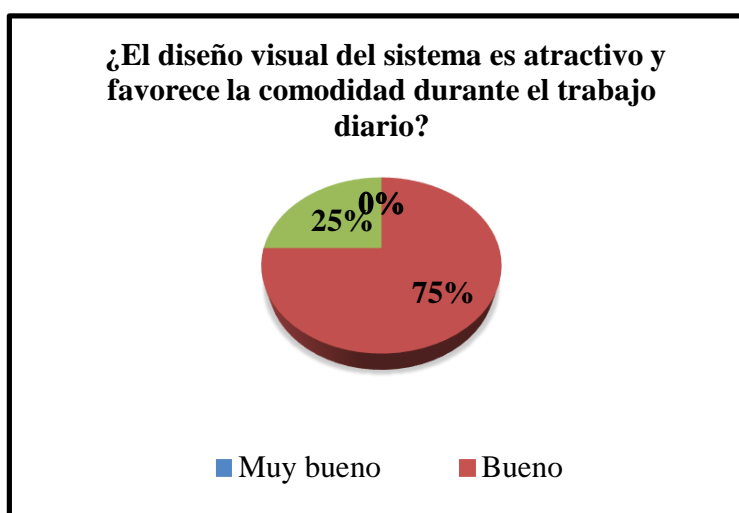


Figura 32 — Pregunta 9

**Interpretación:** en el gráfico 9, se observa que el 75% de los usuarios califica como Bueno, puesto que la apariencia del sistema de control de riego automatizado es agradable, mientras que el 25% califica como Mediano.

### 5.1.1.9 Determinación del mantenimiento

Para determinar el mantenimiento del sistema de control de riego automatizado, se realizó una encuesta a los usuarios, relacionadas con la

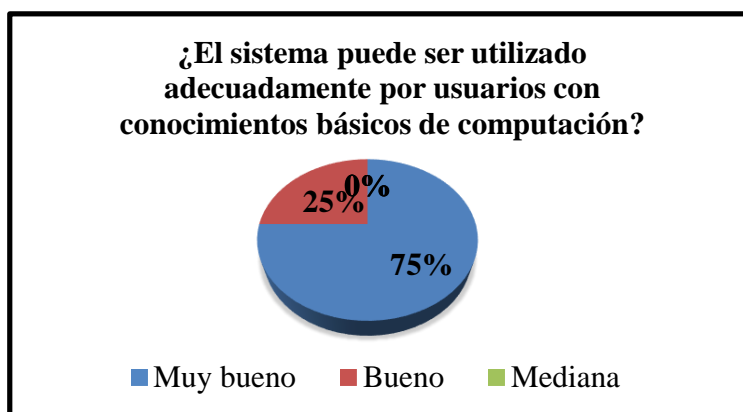


sub función de accesibilidad y mantenimiento (preguntas 10), cuyos resultados detallamos a continuación:

**Pregunta 10:** ¿El sistema puede ser utilizado adecuadamente por usuarios con conocimientos básicos de computación?

**Tabla 25 — Pregunta 10**

<b>Criterio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Muy bueno</b>	3	75%
<b>Bueno</b>	1	25%
<b>Mediana</b>	0	0%
<b>Baja</b>	0	0%
<b>Muy baja</b>	0	0%
<b>Total</b>	4	100%



**Figura 33 — Pregunta 10**

**Interpretación:** en el gráfico 10, se observa que el 75% de los usuarios califica como Muy Bueno, que el Sistema de Control de riego automatizado, en funcionamiento puede ser utilizado por cualquier otro usuario y no sólo expertos en computación, mientras que el 25% califica como Bueno

## 5.2 Contrastación de la hipótesis

### Resultados de tiempo de producción, uso del recurso hídrico, y cantidad de producción

Para obtener el resultado de tiempo de producción, suministro de agua y cantidad de producción, se ha observado desde la plantación hasta la cosecha el cual consta de tres

etapas: etapa vegetativa, etapa reproductiva, etapa productiva y cosecha, cada etapa se desarrolla en un determinado número de semanas (días) que varían según se va llevando a cabo el proceso de crecimiento y cosecha de las fresas, este proceso se observó sin Sistema de riego automatizado y con Sistema de riego automatizado. A continuación, analizaremos cada resultado:

### 5.2.1. Contrastación de la hipótesis general

Con el uso del sistema de riego automatizado para el cultivo de la fresa se mejora el ciclo de producción, uso del recurso hídrico y cantidad en la producción.

#### Diseño estadístico para la hipótesis general

a) **Hipótesis estadísticas (nula y alterna)**

$\mu_1$  = Con implementación de sistema de riego automatizado

$\mu_2$  = Sin implementación de sistema de riego automatizado

**$H_0 \mu_1 = \mu_2$** , el control del cultivo de la fresa con la implementación de un sistema de riego automatizado, es igual al control del cultivo de la fresa sin la implementación de un sistema de riego automatizado en el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo, Cusco, 2018, es decir no hay diferencia son iguales

**$H_0 \mu_1 \neq \mu_2$** , el control del cultivo de la fresa con la implementación de un sistema de riego automatizado, es diferente al control del cultivo de la fresa sin la implementación de un sistema de riego automatizado en el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo, Cusco, 2018, es decir hay diferencia.

b) **Nivel de significancia**

**Para** el presente estudio se consideró el nivel de significancia de  $\alpha = 5\% = 0.05$ .

c) **Prueba estadística**

El cultivo de la fresa se realizó en un área de  $72m^2$  · la muestra estuvo constituida por 1200 plántones de fresa para el cultivo con sistema de riego automatizado (CS) a cielo cubierto y similar número de plántones



de fresa para el cultivo sin sistema de riego (SS) automatizado a cielo abierto, para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Z

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

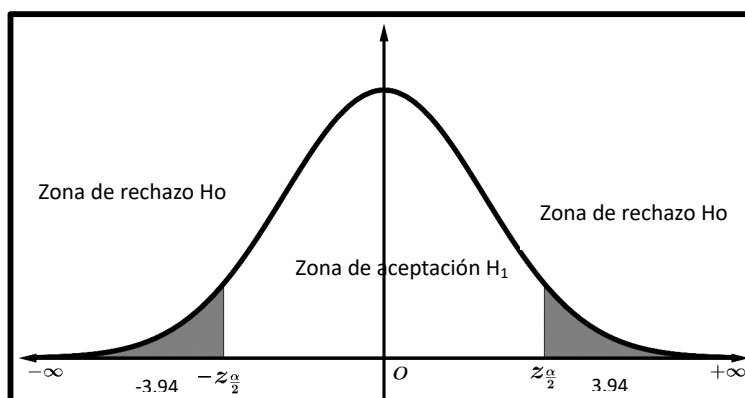
Donde:

- $X_1$ : Media aritmética de la muestra 1 sin sistema de riego automatizado para el cultivo de la fresa = 69.22
- $X_2$ : Media aritmética de la muestra 2 con sistema de riego automatizado para el cultivo de la fresa = 63.19
- $n_1$  = tamaño de la muestra 1 con sistema = 1200
- $n_2$  = tamaño de la muestra 2 sin sistema = 1200
- $\sigma_1$  = Desviación estándar de la muestra 1 = 42.86
- $\sigma_2$  = Desviación estándar de la muestra 2 = 31.31

Hallando:

$$Z_p = \frac{69.22 - 63.19}{\sqrt{\frac{42.86^2}{1200} + \frac{31.31^2}{1200}}}$$

$$Z_p = 3.94$$



**Figura 34 — Zona de rechazo y aceptación de la hipótesis general**

**d) Conclusión.**

Se tiene el valor de  $Z_p = 3.94$  que, de acuerdo a la figura 24 se encuentra en la zona de rechazo por tanto se concluye que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y aceptamos la hipótesis alterna, por lo que se atribuye que la implementación del sistema de riego automatizado basado en sensores de humedad, optimiza el uso del recurso hídrico, reduce el tiempo del proceso vegetativo e incrementa la producción del cultivo de fresa en el centro de producción el Carmen Pachar – Ollantaytambo.

**5.2.2. Contrastación de la hipótesis específica 1**

Si implementamos un sistema de riego automatizado, entonces se reduce el tiempo del ciclo de producción del cultivo de la fresa, para el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo.

**Diseño estadístico para la hipótesis específica 1**

**a) Hipótesis estadísticas (nula y alterna)**

**HE<sub>0</sub>:**  $u = u_0$  Si implementamos un sistema de riego automatizado, entonces no se reduce el tiempo del ciclo de producción del cultivo de la fresa, para el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

**HE<sub>1</sub>:**  $u \neq u_0$  Si implementamos un sistema de riego automatizado, entonces se reduce el tiempo del ciclo de producción del cultivo de la fresa, para el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

**b) Nivel de significancia**

Para el presente estudio se consideró el nivel de significancia de  $\alpha = 5\% = 0.05$ .

**c) Prueba estadística**

La muestra estuvo constituida por 1200 plantas de fresa para sistema de riego automatizado a cielo cerrado y similar número de plantas de fresa para el sistema de riego no automatizado a cielo cubierto, para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Z

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



Donde:

- $X_1$ : Media aritmética de la muestra 1 sin sistema de riego automatizado para el tiempo de producción del cultivo de la fresa = 33.25
- $X_2$ : Media aritmética de la muestra 2 con sistema de riego automatizado para el tiempo de producción del cultivo de la fresa = 26.00
- $n_1$  = Tamaño de la muestra 1 con sistema = 1200
- $n_2$  = Tamaño de la muestra 2 sin sistema = 1200
- $\sigma_1$  = Desviación estándar de la muestra 1 = 20.11
- $\sigma_2$  = Desviación estándar de la muestra 2 = 18.83

Hallando:

$$Z_p = \frac{33.25 - 26.00}{\sqrt{\frac{20.11^2}{1200} + \frac{18.83^2}{1200}}} \quad Z_p = 9.12$$

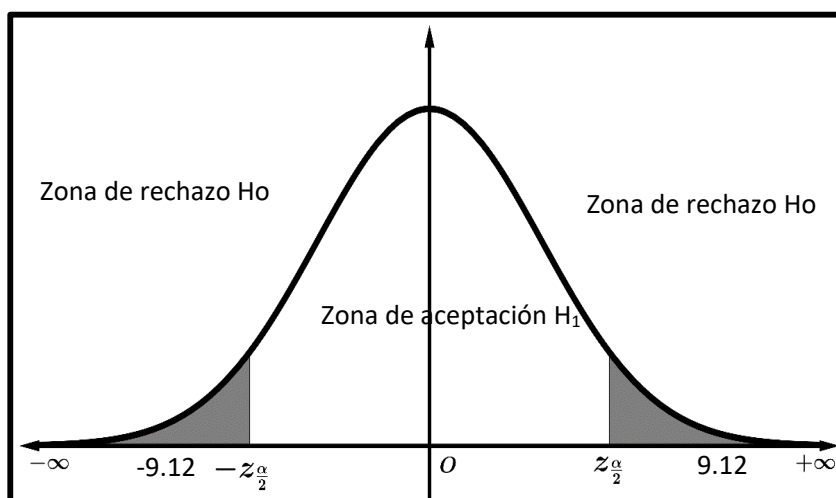
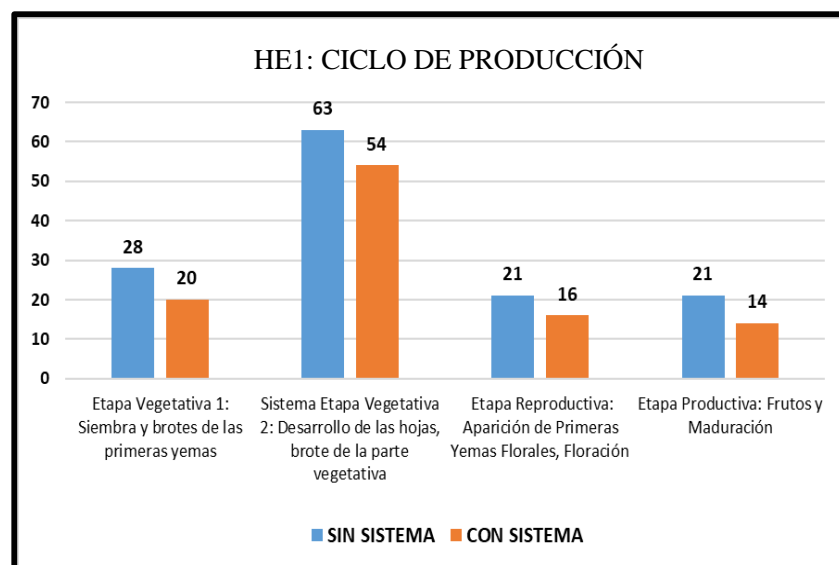


Figura 35 — Zona de rechazo y aceptación hipótesis específica 1



**Figura 36 — Proceso vegetativo o ciclo de producción**

**d) Conclusión.**

Se tiene el valor de  $Z_p = 9.12$  que, de acuerdo a la figura 35 se encuentra en la zona de rechazo por tanto se concluye que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y aceptamos la hipótesis alterna, por lo que se atribuye que la implementación del sistema de riego automatizado basado con sensores de humedad, optimiza y reduce el tiempo del ciclo de producción del cultivo de fresa (proceso vegetativo) en el centro de producción el Carmen Pachar – Ollantaytambo.

También se puede decir observar en la figura 25 que el tiempo del Ciclo de Producción con Sistema de Control de Riego Automatizado es de 104 días, mientras que el tiempo del Ciclo de producción Sin Sistema de Control es de 133 días.

**5.2.3. Contrastación de la hipótesis específica 2**

**Diseño Estadístico para la Hipótesis Específica 2**

**a) Hipótesis estadísticas (nula y alterna)**

**HE2:**  $u = u_0$  Si implementamos un sistema de riego automatizado, entonces no se reduce el uso del suministro de agua en el cultivo de la fresa, para el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.



**HE2:**  $u \neq u_0$  Sí implementamos un sistema de riego automatizado, entonces se reduce el uso del suministro de agua en el cultivo de la fresa, para el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

**b) Nivel de significancia**

Para el presente estudio se consideró el nivel de significancia de  $\alpha = 5\% = 0.05$ .

**c) Prueba estadística**

La muestra estuvo constituida por 1200 plantas de fresa en un área de 72m<sup>2</sup> para el sistema implementado con sistema de riego automatizado el número de plantas 600 (CS) y similar número de plantas de fresa en un área de 72 m<sup>2</sup> sin sistema de riego (SS) automatizado a cielo cubierto, para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Z

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

Donde:

- **X<sub>1</sub>**: Media aritmética de la muestra 1 sin sistema de riego automatizado para el uso de suministro de agua en la producción del cultivo de la fresa = 23.11
- **X<sub>2</sub>**: Media aritmética de la muestra 2 con sistema de riego automatizado para para el uso de suministro de agua del cultivo de la fresa = 15.73
- $n_1$  = Tamaño de la muestra 1 con sistema = 1,200
- $n_2$  = Tamaño de la muestra 2 sin sistema = 1,200
- $\sigma_1$  = Desviación estándar de la muestra 1 = 15.96
- $\sigma_2$  = Desviación estándar de la muestra 2 = 9.90



Hallando:

$$Z_p = \frac{23.11 - 15.73}{\sqrt{\frac{15.96^2}{1200} + \frac{9.90^2}{1200}}}$$

$$Z_p = 13.61$$

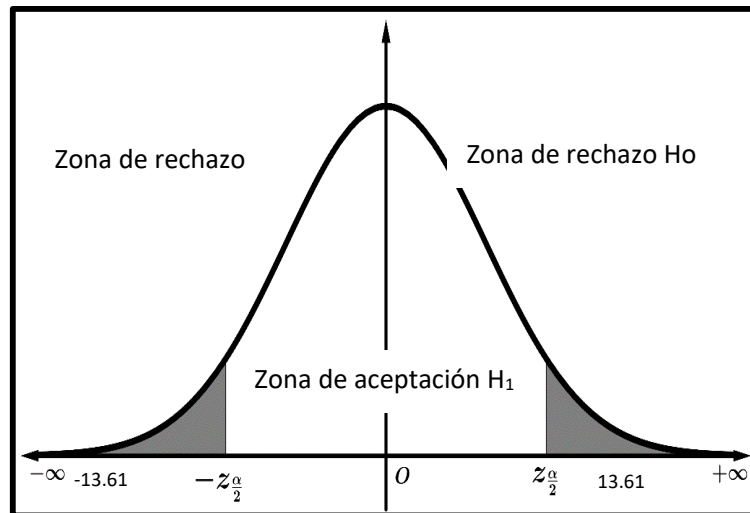


Figura 37 — Zona de rechazo y aceptación de la hipótesis específica 2

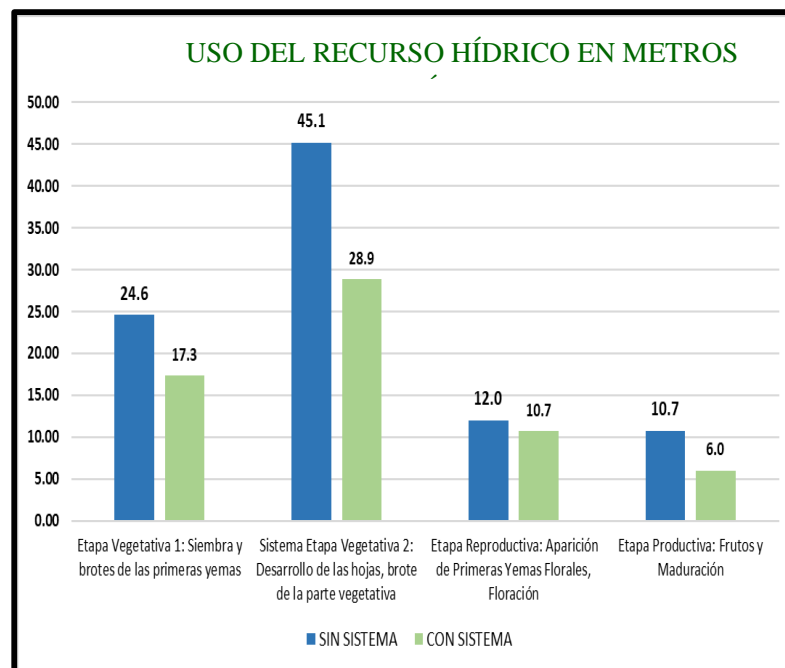


Figura 38 — Uso del agua en el ciclo de producción

d) Conclusión.



Se tiene el valor de  $Z_p = 13.61$  que, de acuerdo a la figura 37, se encuentra en la zona de rechazo por tanto se concluye que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y aceptamos la hipótesis alterna, por lo que se atribuye que la implementación del sistema de riego automatizado, optimiza el uso del agua durante del proceso vegetativo hasta la obtención de fruto del cultivo de fresa en el centro de producción el Carmen Pachar – Ollantaytambo.

Al mismo tiempo podemos observar del Figura 26 que el uso del recurso hídrico en el Ciclo de Producción del Cultivo de la Fresa CON SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO es de 62.9 metros cúbicos, mientras que el uso del recurso hídrico en el Ciclo de Producción del Cultivo de la Fresa SIN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO es de 92.4 metros cúbicos.

#### 5.2.4. Contrastación de la hipótesis específica 3

##### Diseño estadístico para la hipótesis específica 3

###### a) Hipótesis estadísticas (nula y alterna)

**HE3:**  $u = u_0$  Implementamos un Sistema de riego automatizado, entonces no aumenta la producción de la fresa, para el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

**HE3:**  $u \neq u_0$  Implementamos un Sistema de riego automatizado, entonces aumenta la producción de la fresa, para el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.

###### b) Nivel de significancia

Para el presente estudio se consideró el nivel de significancia de  $\alpha = 5\% = 0.05$ .

###### c) Prueba estadística

La muestra estuvo constituida por 1200 plantas de fresa en un área de  $72m^2$  para el sistema implementado con sistema de riego automatizado (CS) a cielo cubierto y similar número de plantas de fresa en el cultivo sin sistema de riego (SS) automatizado a cielo abierto, para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Z



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

Donde:

- $X_1$ : Media aritmética de la muestra 1 sin sistema de riego automatizado para el incremento de la producción del cultivo de la fresa = 12.23
- $X_2$ : Media aritmética de la muestra 2 con sistema de riego automatizado para el incremento de la producción del cultivo de la fresa = 17.49
- $n_1$  = Tamaño de la muestra 1 con sistema = 1200
- $n_2$  = Tmaño de la muestra 2 sin sistema = 1200
- $\sigma_1$  = Desviación estándar de la muestra 1 = 2.52
- $\sigma_2$  = Desviación estándar de la muestra 2 = 5.37

Hallando:

$$Z_p = \frac{12.23 - 17.49}{\sqrt{\frac{2.52^2}{1200} + \frac{5.37^2}{1200}}} \quad Z_p = -30.74$$

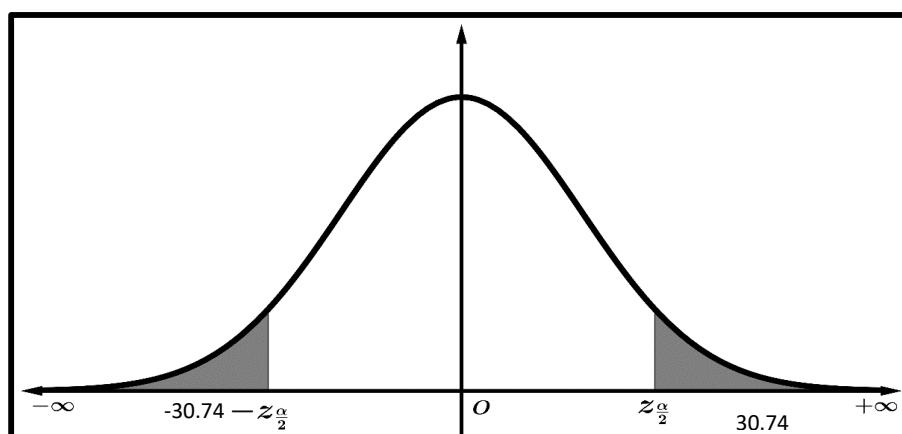


Figura 39 — Zona de rechazo y aceptación de la hipótesis específica 3

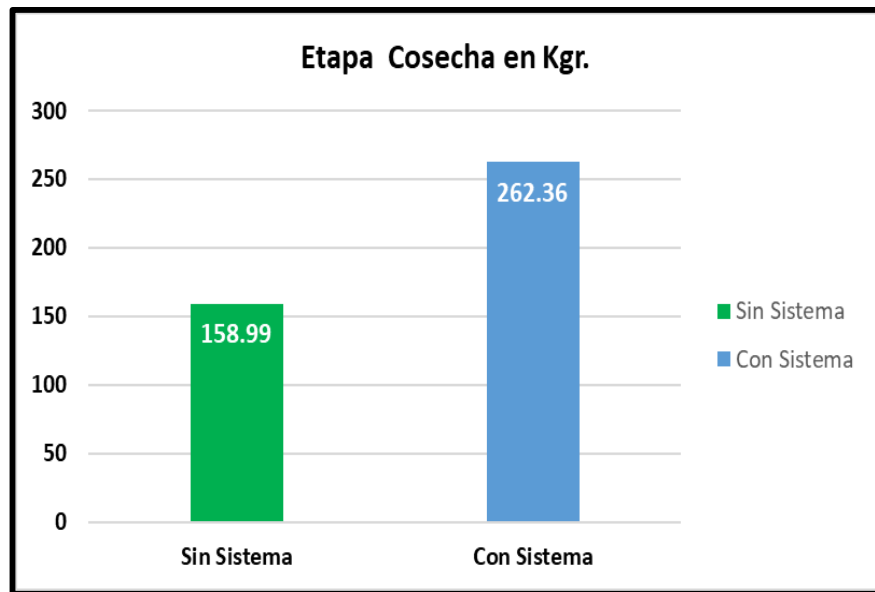


Figura 40 — Producción de fresa

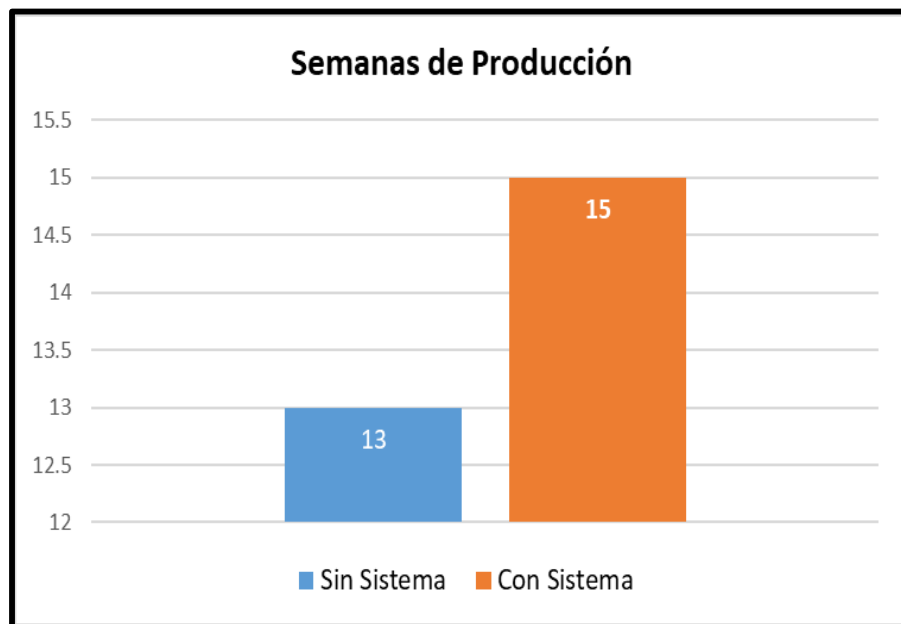


Figura 41 — Semanas de producción de la fresa

**d) Conclusión.**

Se tiene el valor de  $Z_p = -30.74$  que y, de acuerdo a la figura 39 se encuentra en la zona de rechazo por tanto se concluye que, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y aceptamos la hipótesis alterna, por lo que se atribuye que la



implementación del sistema de riego automatizado basado en sensores de humedad, incrementa los días de cosecha de la fresa y por ende aumenta la cantidad de producción de la fresa, obteniendo incluso un fruto de mejor calidad en el centro de producción el Carmen Pachar – Ollantaytambo, en menor tiempo y mayor cantidad.

De la Figura 28, podemos observar que, cuando se utiliza un Sistema de riego automatizado aumenta la producción de la fresa se obtuvo 262.36 Kg, mientras que cuando no se utiliza un Sistema de riego automatizado disminuye la producción de la fresa, se obtuvo 158.99 Kg. En la Figura 30 vemos que cuando se utiliza un sistema de riego automatizado se incrementa las semanas de cosechas (15 semanas) por el contrario cuando no se utiliza el sistema de riego automatizado las semanas de cosecha es menos (13 semanas).

### 5.3 Discusión

1. **Lugo E. y Quevedo N. (2011)** desarrollaron un sistema de automatización del riego en tiempo real mediante el uso de dispositivos móviles, con el objetivo de optimizar el uso del recurso hídrico. Dicho sistema permitió la gestión automatizada del riego a partir del monitoreo continuo de variables edafoclimáticas y del estado del cultivo, logrando mejorar la eficiencia en la aplicación del agua, la cual es considerada un recurso limitado.

En el fundo Pachar se implementó un sistema de riego automatizado basado en sensores de humedad del suelo; dichos sensores fueron los encargados de activar la válvula solenoide para iniciar el riego cuando las condiciones lo requerían

2. Del mismo modo **Perea Palacios, (2016)**, desarrolló un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo en invernadero. En este contexto, se implementó el control automatizado de la temperatura, la humedad relativa, la luminosidad y la humedad del suelo dentro del invernadero destinado al cultivo de fresas.

Asimismo, en el fundo Pachar se logró ejecutar el riego de manera oportuna conforme a los estándares requeridos para el cultivo de la fresa, lo que incidió



directamente en la reducción del tiempo de producción, así como en el incremento de la cantidad obtenida y en la mejora de la calidad del producto final

3. Por otro lado **Cruz Concha, (2009)**, diseñó un sistema de riego por goteo para el cultivo de uva, cuyo objetivo fue lograr una reducción controlada del consumo de agua mediante la incorporación de un sensor de presión. Asimismo, en el fundo Pachar se desarrolló un sistema de riego por goteo direccionado para el cultivo de fresa, gestionado a través de sensores de humedad, lo que permitió suministrar a las plantas el volumen de agua adecuado y suficiente. Esta implementación tuvo como finalidad disminuir el consumo hídrico del riego y, simultáneamente, incrementar el ciclo de producción.
4. Siguiendo con **Apaza M.&LA Torre J., (2016)**, implementó un sistema automatizado para riego tecnificado basado en la humedad del suelo, con el objetivo de optimizar el uso del recurso hídrico mediante el balance de humedad edáfica. De manera similar, en el fundo Pachar el riego automatizado para el cultivo de fresa tuvo como finalidad detectar la humedad del suelo dentro del rango óptimo requerido por dicho cultivo, evitando tanto el exceso como el déficit de agua. El sistema operó mediante sensores de humedad que enviaban señales a un relé, permitiendo la apertura de la válvula de riego según la necesidad registrada.
5. De este modo, se logró implementar un sistema de riego automatizado basado en sensores de humedad del suelo, el cual permitió regular de manera precisa la cantidad de agua suministrada al cultivo. La información captada por los sensores fue procesada por el controlador, que activó o desactivó las electroválvulas según los valores de humedad establecidos como óptimos para la fresa. Este control automático permitió realizar riegos únicamente cuando el cultivo lo requirió, evitando tanto el exceso como el déficit hídrico.

Como resultado, se optimizó significativamente el uso del recurso hídrico, al reducir el volumen de agua aplicado durante el proceso de riego. Asimismo, el sistema contribuyó a disminuir el tiempo total del ciclo de producción, debido a que las plantas recibieron las condiciones hídricas adecuadas de manera oportuna y

constante. Todo ello generó un incremento en el rendimiento final del cultivo de fresa, evidenciando la eficiencia del sistema automatizado frente al riego tradicional.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

La implementación del Sistema de Riego Automatizado (SRA) para el cultivo de fresa bajo cielo cubierto permitió evidenciar mejoras significativas en los parámetros agronómicos, productivos y de eficiencia hídrica, demostrando su viabilidad técnica y su impacto positivo en el rendimiento del cultivo.

En primer lugar, se determinó que la automatización del riego por goteo, mediante el monitoreo en tiempo real de variables ambientales —principalmente la humedad del suelo y la temperatura del ambiente—, contribuyó a establecer condiciones más estables y adecuadas para el desarrollo vegetativo de la planta. Esto se tradujo en una reducción del ciclo de producción de la fresa a 104 días, en comparación con los 133 días registrados bajo un sistema de riego convencional. Esta disminución del tiempo responde a un manejo hídrico más preciso, que favoreció un crecimiento uniforme y aceleró el proceso fenológico del cultivo.

En relación con la eficiencia en el uso del recurso hídrico, se verificó que el SRA permitió optimizar significativamente el consumo de agua. El volumen de agua utilizado durante todo el ciclo, desde la fase vegetativa hasta la obtención del fruto, fue de 62.9 m<sup>3</sup>, mientras que en condiciones sin automatización se requirieron 92.4 m<sup>3</sup>. Este resultado evidencia una reducción notable en el gasto hídrico, reforzando la importancia de los sistemas automatizados como estrategia para la sostenibilidad agrícola y la gestión responsable del agua.



Desde el punto de vista productivo, la implementación del SRA generó un incremento sustancial en la cantidad y calidad del fruto obtenido. El rendimiento total alcanzó 262.36 kg de fresa, superando ampliamente los 158.99 kg obtenidos sin automatización. Asimismo, el periodo de cosecha se amplió a 15 semanas, frente a las 13 semanas del sistema tradicional, lo cual permitió una mayor disponibilidad de fruta y un mejor aprovechamiento del ciclo productivo. Este incremento está asociado a un ambiente controlado que reduce el estrés hídrico y térmico de las plantas, garantizando un fruto más uniforme, de mayor tamaño y con mejores características organolépticas.

Adicionalmente, el sistema implementado demostró cumplir con los requerimientos técnicos necesarios para el monitoreo y registro continuo de datos ambientales. La integración de sensores, ventiladores y una interfaz gráfica permitió mantener condiciones óptimas dentro del invernadero, evitando variaciones extremas de temperatura que pudieran afectar el cultivo. La transmisión de datos hacia una base de datos centralizada facilitó la supervisión remota, la generación de reportes automáticos y la verificación del funcionamiento del SRA, fortaleciendo la toma de decisiones basada en información precisa y actualizada.

Finalmente, se constató que el SRA permitió disminuir la necesidad de mano de obra en las labores de riego, reduciendo errores asociados al riego manual y mejorando la eficiencia operativa del proceso productivo. Se destaca que el modelo desarrollado tiene potencial para ser replicado e implementado en otros cultivos que requieran un manejo hídrico preciso, lo que abre posibilidades para nuevas investigaciones y para el desarrollo de tecnologías orientadas a la agricultura moderna y sostenible.

## 6.2 Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos y considerando el potencial de mejora del Sistema de Riego Automatizado (SRA), se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a la escalabilidad, optimización y ampliación del modelo implementado:

### 1. Escalabilidad del Sistema de Riego Automatizado (SRA)

Se recomienda evaluar la ampliación del SRA hacia un sistema de gestión integral del cultivo, incorporando nuevas variables agronómicas que influyen directamente



en el crecimiento y productividad de la fresa. Entre ellas, destacan el **pH del suelo**, la **conductividad eléctrica (CE)** —indicador del nivel de sales y disponibilidad de nutrientes—, la **concentración de CO<sub>2</sub>** en el ambiente y otros parámetros que permiten una caracterización más precisa de las condiciones fisiológicas del cultivo. La integración de estos sensores permitirá establecer planes de fertirriego más exactos, optimizar la absorción de nutrientes y, en consecuencia, mejorar la calidad y cantidad del fruto cosechado.

## 2. **Replicabilidad del modelo en otros cultivos**

El modelo del SRA presenta un alto potencial para ser replicado en otros cultivos tecnificados. Sin embargo, se recomienda realizar una evaluación previa de las **condiciones ambientales específicas** requeridas por cada especie, tales como temperatura óptima, niveles de radiación, humedad relativa, velocidad del viento y requerimientos hídricos característicos. Cada cultivo responde de manera distinta a las variables ambientales, por lo que la calibración del sistema deberá ajustarse a los parámetros fisiológicos propios de cada planta.

## 3. **Control de condiciones extremas dentro del invernadero**

Con el fin de garantizar un microclima estable y evitar condiciones de estrés térmico que puedan afectar el desarrollo de las plantas, se recomienda mantener un sistema de **ventilación automatizada** que permita controlar la temperatura y renovar el aire dentro del invernadero. El uso de ventiladores, extractores o sistemas híbridos es fundamental para prevenir el sobrecalentamiento y promover un ambiente favorable para el cultivo, especialmente en horas de mayor radiación o en estaciones cálidas.

## 4. **Evolución hacia un sistema integral de monitoreo y control**

Para avanzar hacia un invernadero totalmente sistematizado, se sugiere implementar un conjunto más amplio de sensores y actuadores orientados al control de variables críticas del cultivo. Además del pH del suelo, la CE y la concentración de CO<sub>2</sub>, se recomienda integrar el monitoreo y control de la **iluminación artificial**, especialmente en ambientes de baja radiación o durante períodos en que se requiera extender la fotoperiodicidad. La incorporación de un sistema integrado de adquisición de datos permitirá generar alertas, reportes históricos y análisis predictivo, mejorando la toma de decisiones basada en datos y contribuyendo a una agricultura más eficiente y sostenible.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ágil Alliance. (2001). Manifiesto Ágil. <https://agilemanifesto.org>
2. Anthura. (2016). La importancia de la humedad en el crecimiento de las plantas. <https://www.anthura.nl/growing-advice/la-importancia-la-humedad-en-el-crecimiento-las-plantas/?lang=es>
3. Apaza, M., & La Torre, J. (2016). Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el Laboratorio de Control y Automatización EPIME (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Altiplano.
4. Apaza, M., & La Torre, J. (2017). Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el Laboratorio de Control y Automatización EPIME 2016 (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Altiplano.
5. Areny, R. P. (1993). Adquisición y distribución de señales. Marcombo.
6. Bohmer, M. (2012). Beginning Android ADK with Arduino. Apress.
7. Cruz Concha, J. C. (2009). Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva Italia (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú.
8. De la Cámara, A. R. (2017). Arduino + GSM/GPRS: monitorización, automatización y gestión remota en un viñedo (Tesis de licenciatura). Universitat Oberta de Catalunya.
9. Demin, P. E. (2014). Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
10. Figueroa, M. A. A. (2012). Calidad en la industria del software: La norma ISO 9126. <http://www.nacionmulticultural.unam.mx/empresasindigenas/docs/2094.pdf>
11. Gargurevich Pazos, G. (2017). La hora de la fresa. RedAgrícola. <http://www.redagricola.com/pe/la-hora-las-fresas/>



12. Gurovich, L. A. (1999). Riego superficial tecnificado. AlfaOmega.
13. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
14. INFOAGRO. (2017). El cultivo de la fresa. [http://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_fresa.asp](http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp)
15. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2016). Conocer la humedad del suelo. <https://inta.gov.ar/noticias/conocer-la-humedad-del-suelo>
16. Jahnke, E. (2013). Territorio verde. <http://www.territorioverde.cl>
17. Lazo, C., & Campos, T. (2014). Sistema remoto de control y monitoreo de la humedad del suelo para reducir el consumo de agua del maíz con riego por goteo (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Huancavelica.
18. Letelier, P., & Penadés, M. C. (2006). Metodologías ágiles para el desarrollo de software: Extreme Programming (XP). Universidad Politécnica de Valencia.
19. López, J. F. (2010). Sistema de control mediante microcontrolador: Sistema de riego automatizado (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica de Catalunya.
20. Maza, S., & Silipú, S. (2014). Estudio de la fresa en el Perú y el mundo. Ministerio de Agricultura y Riego.
21. Muradas, Y. (2018). Metodologías ágiles más usadas. OpenWebinars. <https://openwebinars.net/blog/conoce-las-3-metodologias-agiles-mas-usadas/>
22. Perea Palacios, J. W. (2016). Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de Pereira.
23. Romero, R., García, J. L., & Muñoz de la Peña, D. (2012). Research on automatic irrigation control: State and recent results. *Agricultural Water Management*, 114, 1–10.
24. Sela, G. (2014). pH y alcalinidad. <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/pH-alkalinity>
25. Vásconez, C., & Chamba, J. (2013). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana.



## ANEXOS

### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Sistema de Riego Automatizado para el Cultivo de la Fresa, en el Centro de Producción El Carmen, Pachar, Ollantaytambo, 2018”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÒTESIS	VARIABLES	MÈTODOS	DISEÑO	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN
Problema General	Objetivo General	Hipòtesis General				
¿En qué medida la implementación del sistema de riego automatizado mejorará el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018?	Implementar un sistema de riego automatizado para mejorar el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.	Si, implementamos un sistema de riego automatizado, entonces mejorará el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo, Cusco, 2018.	Variable Independiente			<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada tecnológica, puesto que se aplica o utilización de conocimientos, cómo los sistemas embebidos, sistemas de control, en la implementación del SRA</p> <p><b>Nivel de investigación</b> Explicativo.</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b> Cuasi experimental por la relación que existe entre la relación actual y la propuesta.</p> <p><b>Técnicas e Instrumentos:</b> Observación: Ficha de observación</p> <p>Encuestas: propósito es conocer la percepción de los usuarios</p> <p><b>Entrevista.</b> se realizará a los responsables del cultivo de fresa.</p>
<b>Problema específico</b>	<b>Objetivo Específico</b>	<b>Hipòtesis Específica</b>	X: Sistema de riego automatizado	Hipotético	Experimental  (Cuasi Experimental)	
¿En qué medida la implementación del sistema de riego automatizado reducirá el ciclo de producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018?	Implementar un Sistema de riego automatizado para reducir el ciclo de producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.	Si implementamos un Sistema de riego automatizado, entonces se reduce el tiempo de producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Ollantaytambo, Cusco, 2018.				
¿En qué medida la implementación del sistema de riego automatizado reducirá el uso de agua en el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018?	Implementar un Sistema de riego automatizado para reducir el uso del agua en el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.	Si implementamos un Sistema de riego automatizado, entonces se reduce el uso de agua en el cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.	Variable dependiente:	deductivo		
¿En qué medida la implementación del sistema de riego automatizado aumentará la producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018?	Implementar un Sistema de riego automatizado para aumentar la producción del cultivo de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018	Si Implementamos un Sistema de riego automatizado, entonces aumenta la producción de la fresa, en el centro de producción el Carmen, Pachar, Ollantaytambo, Cusco, 2018.	Y: Cultivo de la fresa			

## ANEXO 2: CODIGO

### ASIGNANDO VARIABLES Y PINES DE CONEXIÓN A LOS DIODOS, SENSORES, ACTUADORES Y PANTALLA LCD

#### 5. SENSOR DE HUMEDAD

##### **//SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO 1**

```
const int analogInPin = A3;  
//int sensorValue = 0;  
unsigned long int avgValue;  
float b;  
int buf[10],temp;
```

##### **//SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO 2**

```
//const int analogInPinNA = A4;
```

#### 6. PANTALLA LCD, SERVOMOTOR, SENSOR DE HUMEDAD, ELECTRO VÁLVULAS SENSOR DE CAUDAL, TEMPERATURA,

```
//Pantalla LCD
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
```

```
#include <DHT.h>
```

```
#include <Servo.h>
```

```
//Declarando variable de servomotor
```

```
Servo Sg90;
```

```
int k=0;
```

```
// Sensor de Humedad del Suelo
```

```
const int sensorH1 = A0;//lomada uno
```

```
short SH1=0;
```

```
const int sensorH2 = A1;//lomada dos
```

```
short SH2=0;
```

```
const int sensorH3 = A2;//lomada tres
```

```
short SH3=0;
```

```
// Electroválvulas
```

```
const int Elv1 = 5;//lomada uno
```

```
const int Elv2 = 6;//lomada dos
```

```
const int Elv3 = 7;//lomada tres
```

## 7. DIODOS

```
//Diodo Leds de lomada uno
```

```
#define lverde1 40
```

```
#define lambar1 44
```

```
#define lrojo1 45
```

```
//Diodo Leds de lomada dos
```

```
#define lverde2 46
```

```
#define lambar2 47
```

```
#define lrojo2 48
```

```
//Diodo Leds de lomada tres
```

```
#define lverde3 49
```

```
#define lambar3 50
```

```
#define lrojo3 51
```

## 8. SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA AMBIENTE

```
//DHT11
#define temperatura 52 //Pin para obtener la temperatura
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(temperatura, DHTTYPE);
int celsius;
int humedad;
```

## CONFIGURANDO PINES DE DIODOS, SENSOR DE HUMEDAD, SENSOR DE CAUDAL E INICIALIZA PANTALLA LCD

```
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();

  *****
  *****

  //Diodos Led Lomada 1
  pinMode(lverde1, OUTPUT);
  pinMode(lambar1, OUTPUT);
  pinMode(lrojo1, OUTPUT);

  //Diodos Led Lomada 2
  pinMode(lverde2, OUTPUT);
  pinMode(lambar2, OUTPUT);
  pinMode(lrojo2, OUTPUT);

  //Diodos Led Lomada 3
  pinMode(lverde3, OUTPUT);
```

```
pinMode(lambar3, OUTPUT);  
pinMode(lrojo3, OUTPUT);  
digitalWrite(lverde1, HIGH);  
digitalWrite(lverde2, HIGH);  
digitalWrite(lverde3, HIGH);
```

```
*****
```

```
***
```

### **//Electrovalvulas**

```
pinMode(Elv1,OUTPUT);  
pinMode(Elv2,OUTPUT);  
pinMode(Elv3,OUTPUT);
```

```
*****
```

```
***
```

### **//Sensor de Flujo de Agua**

```
//pinMode(sensorPin1, INPUT_PULLUP);  
Serial.println("CULTIVO DE FRESA");  
delay(500);  
interrupts();  
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin1), flujo1, RISING);  
t1 = millis();  
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin2), flujo2, RISING);  
t2 = millis();  
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin3), flujo3, RISING);  
t3 = millis();
```

```
*****
```

### **//Sensor de Flujo de Agua no Auto**

```
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin4), flujo4, RISING);  
t4 = millis();
```



```
*****  
*****  
//Para controlar los ventiladores  
Sg90.attach(9);  
Sg90.write(69);  
}  
*****  
*****
```

## PROGRAMANDO LOS PINES, SENSORES Y ACTUADORES

### **//Lectura Caudal 1**

```
const int sensorPin1 = 2;  
int litros_Hora1; // Variable que almacena el caudal (L/hora)  
volatile int pulsos1 = 0; // Variable que almacena el número de pulsos  
unsigned long t1 = 0; // Variable para calcular el tiempo transcurrido  
unsigned long pulsos_Acumulados1 = 0; // Variable que almacena el número de pulsos  
acumulados  
float litros1; // Variable que almacena el número de litros acumulados  
  
// Rutina de servicio de la interrupción (ISR)  
void flujo1()  
{  
  pulsos1++; // Incrementa en una unidad el número de pulsos  
}
```

```
int repeticiones=0;
```

### **//Lectura Caudal 2**

```
const int sensorPin2 = 3;  
int litros_Hora2; // Variable que almacena el caudal (L/hora)  
volatile int pulsos2 = 0; // Variable que almacena el número de pulsos  
unsigned long t2 = 0; // Variable para calcular el tiempo transcurrido
```

```
unsigned long pulsos_Acumulados2 = 0; // Variable que almacena el número de pulsos  
acumulados
```

```
float litros2; // Variable que almacena el número de litros acumulados
```

```
// Rutina de servicio de la interrupción (ISR)
```

```
void flujo2()
```

```
{  
  pulsos2++; // Incrementa en una unidad el número de pulsos  
}
```

### **//Lectura Caudal 3**

```
const int sensorPin3 = 18;
```

```
int litros_Hora3; // Variable que almacena el caudal (L/hora)
```

```
volatile int pulsos3 = 0; // Variable que almacena el número de pulsos
```

```
unsigned long t3 = 0; // Variable para calcular el tiempo transcurrido
```

```
unsigned long pulsos_Acumulados3 = 0; // Variable que almacena el número de pulsos  
acumulados
```

```
float litros3; // Variable que almacena el número de litros acumulados
```

```
// Rutina de servicio de la interrupción (ISR)
```

```
void flujo3()
```

```
{  
  pulsos3++; // Incrementa en una unidad el número de pulsos  
}
```

### **//Lectura Caudal NO AUTO**

```
const int sensorPin4 = 19;
```

```
int litros_Hora4; // Variable que almacena el caudal (L/hora)
```

```
volatile int pulsos4= 0; // Variable que almacena el número de pulsos
```

```
unsigned long t4 = 0; // Variable para calcular el tiempo transcurrido
```

```
unsigned long pulsos_Acumulados4 = 0; // Variable que almacena el número de pulsos  
acumulados
```

```
float litros4; // Variable que almacena el número de litros acumulados
```

```
// Rutina de servicio de la interrupción (ISR)
```

```
void flujo4()
```

```
{
```

```
  pulsos4++; // Incrementa en una unidad el número de pulsos
```

```
}
```

```
*****
```

```
// Lectura de Temperatura y humedad del ambiente / Encendido de ventiladores
```

```
void Leer_DHT(){
```

```
celsius= dht.readTemperature();
```

```
humedad= dht.readHumidity();
```

```
Serial.print("Temperatura : ");
```

```
Serial.print(celsius);
```

```
Serial.println(" C");
```

```
Serial.print("Humedad de Aire : ");
```

```
Serial.print(humedad);
```

```
Serial.println(" %");
```

```
//Encendido de ventiladores
```

```
if(celsius>28 && k==0)//prendiendo los ventiladores
```

```
{
```

```
  for(int i=69; i<=120;i++)
```

```
{
```

```
  Sg90.write(i);
```

```
  delay(50);
```



```
}
k=1;
}
if(celsius >=0 && celsius<=28 && k==1)//apagando los ventiladores
{
for(int i=120; i>=69;i--)
{
Sg90.write(i);
delay(50);
}
k=0;
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Temperatura Humedad ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("TEMP: ");
lcd.print(celsius);
lcd.print(" C");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("HUM: ");
lcd.print(humedad);
lcd.print("%");
delay(1000);
lcd.clear();
}
```

.....

### **Lectura de humedad de suelo, activar electro válvula e imprimir datos en pantalla LCD**

```
void loop(){
```

**// Leer Humedad de Suelo 1**

```
int humedad = analogRead(sensorH1);  
int HumeReal=map(humedad,0,960,0,100);  
SH1=100-HumeReal;
```

**// Lomada Uno**

```
Serial.println(" LOMADA UNO ");  
Serial.print(" Humedad Suelo: ");  
Serial.print(SH1);  
Serial.println("%");
```

**// Impresion del Caudal del Agua**

```
Serial.print(" Litros Hora 1: ");  
Serial.print(litros_Hora1);  
Serial.print(" L/H");  
Serial.print(" Litros: ");  
Serial.print(litros1);  
Serial.println(" L");
```

```
if(SH1<20)
```

```
{
```

```
  digitalWrite(lrojo1, HIGH);  
  digitalWrite(lambar1, LOW);  
  digitalWrite(lverde1, LOW);  
  digitalWrite(Elv1, LOW); //ENCENDER LA ELECTRUVALVULA
```

**//leer el flujo de Agua**

```
Serial.println("REGANDO \n");  
MedirCaudal();
```

```
//MedirCaudal2();
```

```
repeticiones=0;
```



```
}  
else{  
  if(SH1>=20 & SH1<60)  
  {  
    digitalWrite(lrojo1, LOW);  
    digitalWrite(lambar1, HIGH);  
    digitalWrite(lverde1, LOW);  
    Serial.println("NO REGANDO \n");  
    MedirCaudal();  
    //MedirCaudal2();  
    repeticiones=0;  
  }  
else{  
  if(SH1>=60 & SH1<100)  
  {  
    digitalWrite(lrojo1, LOW);  
    digitalWrite(lambar1, LOW);  
    digitalWrite(lverde1, HIGH);  
    digitalWrite(Elv1, HIGH); //CERRAR LA ELECTRUVALVULA  
    Serial.println("NO REGANDO \n");  
    MedirCaudal();  
    //MedirCaudal2();  
    repeticiones=0;  
  }  
}  
}
```

MedirCaudal\_NoAuto();

Leer\_DHT();

\*\*\*\*\*

**//Lomada Dos**



```
//Leer Humedad de Suelo 2
```

```
int humedad2 = analogRead(sensorH2);  
int HumeReal2=map(humedad2,0,960,0,100);  
SH2=100-HumeReal2;
```

```
Serial.println(" LOMADA DOS ");  
Serial.print(" Humedad Suelo: ");  
Serial.print(SH2);  
Serial.println("%");
```

```
Serial.print(" Litros Hora 2: ");  
Serial.print(litros_Hora2);  
Serial.print(" L/H");  
Serial.print(" Litros: ");  
Serial.print(litros2);  
Serial.println(" L");
```

```
if(SH2<20)  
{  
  digitalWrite(lrojo2, HIGH);  
  digitalWrite(lambar2, LOW);  
  digitalWrite(lverde2, LOW);  
  digitalWrite(Elv2, LOW);//ENCENDER LA ELECTRUVALVULA  
  //leer el flujo de Agua  
  Serial.println("REGANDO \n");  
  //MedirCaudal();  
  MedirCaudal2();  
  repeticiones=0;  
}  
else{  
  if(SH2>=20 & SH2<60)  
  {
```

```
digitalWrite(lrojo2, LOW);
digitalWrite(lambar2, HIGH);
digitalWrite(lverde2, LOW);
Serial.println("NO REGANDO \n");
//MedirCaudal();
MedirCaudal2();
repeticiones=0;
}
else{
  if(SH2>=60 & SH2<100)
  {
    digitalWrite(lrojo2, LOW);
    digitalWrite(lambar2, LOW);
    digitalWrite(lverde2, HIGH);
    digitalWrite(Elv2, HIGH);//CERRAR LA ELECTRUVALVULA
    Serial.println("NO REGANDO \n");
    //MedirCaudal();
    MedirCaudal2();
    repeticiones=0;
  }
}
}
```

MedirCaudal\_NoAuto();

Leer\_DHT();

\*\*\*\*\*

**//Lomada Tres**

**//Leer Humedad de Suelo 3**

int humedad3 = analogRead(sensorH3);

int HumeReal3=map(humedad3,0,960,0,100);

SH3=100-HumeReal3;



```
Serial.println(" LOMADA TRES ");
Serial.print(" Humedad Suelo: ");
Serial.print(SH3);
Serial.println("%");

Serial.print(" Litros Hora 3: ");
Serial.print(litros_Hora3);
Serial.print(" L/H");
Serial.print(" Litros: ");
Serial.print(litros3);
Serial.println(" L");

if(SH3<20)
{
  digitalWrite(lrojo3, HIGH);
  digitalWrite(lambar3, LOW);
  digitalWrite(lverde3, LOW);
  digitalWrite(Elv3, LOW);//ENCENDER LA ELECTRUVALVULA
  //leer el flujo de Agua
  Serial.println("REGANDO \n");
  //MedirCaudal();
  //MedirCaudal2();
  MedirCaudal3();
  repeticiones=0;
}
else{
  if(SH3>=20 & SH3<60)
  {
    digitalWrite(lrojo3, LOW);
    digitalWrite(lambar3, HIGH);
    digitalWrite(lverde3, LOW);
```

```
Serial.println("NO REGANDO \n");
//MedirCaudal();
//MedirCaudal2();
MedirCaudal3();
repeticiones=0;
}
else{
  if(SH3>=60 & SH3<100)
  {
    digitalWrite(lrojo3, LOW);
    digitalWrite(lambar3, LOW);
    digitalWrite(lverde3, HIGH);
    digitalWrite(Elv3, HIGH);//CERRAR LA ELECTRUVALVULA
    Serial.println("NO REGANDO \n");
    //MedirCaudal();
    //MedirCaudal2();
    MedirCaudal3();
    repeticiones=0;
  }
}
}
```

#### **// LOMADA NO AUTO**

```
MedirCaudal_NoAuto();
```

```
Leer_DHT();
```

```
delay(3000);
```

```
}
```

\*\*\*\*\*

#### **Medir Caudal de Agua**

### **//Medir el caudal de Agua en la Lomada UNO**

```
void MedirCaudal(){
if(millis() - t1 > 1000){
t1 = millis();
pulsos_Acumulados1 += pulsos1;
litros_Hora1 = (pulsos1 * 60 / 7.5); // Q = frecuencia * 60/ 7.5 (L/Hora)
litros1 = pulsos_Acumulados1*1.0/450; // Cada 450 pulsos son un litro
pulsos1 = 0; // nuevamente el número de pulsos a cero
// Llamada a la función que muestra los resultados en el LCD 2004
Impresion_en_LCD();
}
}
```

### **//Medir el caudal de Agua en la Lomada DOS**

```
void MedirCaudal2(){
if(millis() - t2 > 1000){
t2 = millis();
pulsos_Acumulados2 += pulsos2;
litros_Hora2 = (pulsos2 * 60 / 7.5); // Q = frecuencia * 60/ 7.5 (L/Hora)
litros2 = pulsos_Acumulados2*1.0/450; // Cada 450 pulsos son un litro
pulsos2 = 0; // nuevamente el numero de pulsos a cero
Impresion_en_LCD();
}
}
```

### **//Medir el caudal de Agua en la Lomada TRES**

```
void MedirCaudal3(){
if(millis() - t3 > 1000){
t3 = millis();
pulsos_Acumulados3 += pulsos3;
litros_Hora3 = (pulsos3 * 60 / 7.5); // Q = frecuencia * 60/ 7.5 (L/Hora)
```



```
litros3 = pulsos_Acumulados3*1.0/450; // Cada 450 pulsos son un litro
pulsos3 = 0; // nuevamente el numero de pulsos a cero
  Impresion_en_LCD();
}}
```

#### **//Medir el caudal de Agua en la Lomada no Automatizada**

```
void MedirCaudal_NoAuto(){
if(millis() - t4 > 1000){
  t4 = millis();
  pulsos_Acumulados4 += pulsos4;
  litros_Hora4 = (pulsos4 * 60 / 7.5); // Q = frecuencia * 60/ 7.5 (L/Hora)
  litros4 = pulsos_Acumulados4*1.0/450; // Cada 450 pulsos son un litro
  pulsos4 = 0; // nuevamente el numero de pulsos a cero
```

```
  Impresion_en_LCD();
}}
```

#### **// impresión de información de todos los sensores**

```
void Impresion_en_LCD()
{
  while(repeticiones == 0){

    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("BIENVENIDO A ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("CULTIVO DE FRESA");
    delay(2000);
    lcd.clear();

    //Imprimiendo Lomada 1
    lcd.setCursor(4,0);
    lcd.print("LOMADA 1 ");
```



```
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("H1: ");  
lcd.print(SH1);  
lcd.print("%");
```

```
lcd.setCursor(8,1);  
lcd.print("L: ");  
lcd.print(litros1);  
lcd.print("L");  
delay(5000);  
lcd.clear();
```

### **//Imprimiendo Lomada 2**

```
lcd.setCursor(4,0);  
lcd.print("LOMADA 2 ");
```

```
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("H2: ");  
lcd.print(SH2);  
lcd.print("%");  
lcd.setCursor(8,1);  
lcd.print("L: ");  
lcd.print(litros2);  
lcd.print("L");  
delay(5000);  
lcd.clear();
```

### **//Imprimiendo Lomada 3**

```
lcd.setCursor(4,0);  
lcd.print("LOMADA 3 ");
```



```
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("H3: ");  
lcd.print(SH3);  
lcd.print("%");  
lcd.setCursor(8,1);  
lcd.print("L: ");  
lcd.print(litros3);  
lcd.print("L");  
delay(5000);  
lcd.clear();
```

### **//Imprimiendo Info De Lomada No Auto**

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("LOMADA NO AUTO ");
```

```
/*lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("H ");  
lcd.print(SH2*2.5);  
lcd.print("%");*/  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("L ");  
lcd.print(litros4);  
lcd.print(" L");  
delay(5000);  
lcd.clear();
```

```
Sensor_PH();  
Sensor_PH_NoAUTO();  
//Leer_DHT();  
repeticiones=1;  
}  
}
```

### ANEXO 3: TABLA DE DATOS

- ❖ ETAPA VEGETATIVA 1 (Siembra, brote de primeras yemas) Uso del Recurso Hídrico

**Tabla 26 — Control de riego, etapa vegetativa 1, sin sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO										
	TIEMPO DE RIEGO		20 MIN							
ETAPA	SEMANA	LOMO/DIA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMANAL
ETAPA VEGETATIVA Siembra, brote de primeras yemas	1	LOMO 1	193.34	191.89	195.56	192.67	195.78	193.67	196.62	8197.59
		LOMO 2	190.45	191.56	192.43	194.78	193.98	190.71	193.56	
		LOMO 3	196.34	195.67	198.76	196.49	197.67	195.59	196.39	
		LOMO 4	193.76	194.53	192.46	194.69	195.83	192.68	194.28	
		LOMO 5	198.45	196.75	196.98	197.45	195.78	197.69	195.94	
		LOMO 6	196.78	197.56	194.39	195.78	197.56	196.89	197.45	
		V. DIA	1169.12	1167.96	1170.58	1171.86	1176.6	1167.23	1174.24	
	2	LOMO 1	194.78	196.74	193.56	194.65	195.48	194.38	195.2	8189.65
		LOMO 2	194.67	193.68	192.49	197.58	195.68	193.75	192.78	
		LOMO 3	196.1	193.7	193.93	194.87	196.32	195.59	198.47	
		LOMO 4	194.38	195.47	194.27	192.36	196.7	195.87	195.9	
		LOMO 5	197.39	194.67	196.92	195.4	192.47	196.58	194.24	
		LOMO 6	195.83	196.31	193.62	196.79	192.5	195.39	192.19	
		V. DIA	1173.15	1170.57	1164.79	1171.65	1169.15	1171.56	1168.78	
	3	LOMO 1	194.37	194.75	196.03	196.25	195.04	198.36	196.21	8188.12
		LOMO 2	193.17	193.93	196.04	192.23	191.84	194.91	196.76	
		LOMO 3	195.01	198.08	195.53	194.94	193.55	194.9	196.97	

	LOMO 4	192.98	192.54	195.4	193.65	192.61	194.47	198.62	
	LOMO 5	194.31	195.81	192.2	197.1	191.84	193.33	194.53	
	LOMO 6	195.52	192.55	198.39	196.88	196.14	194.25	196.13	
	V. DIA	1165.36	1167.66	1173.59	1171.05	1161.02	1170.22	1179.22	
<b>TOTAL DE SUMINISTRO DE AGUA</b>									<b>24575.36</b>

❖ ETAPA VEGETATIVA 1 (Siembra, brote de primeras yemas) Uso del Recurso

Hídrico

**Tabla 27 — Control de riego, etapa vegetativa 1, con sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO										
	TIEMPO DE RIEGO		20 MIN							
ETAPA	SEMANA	LOMO/DIA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMANAL
ETAPA VEGETATIVA Siembra, brote de primeras yemas	1	LOMO 1	149.89	165.33	160.61	147.15	163.12	167.81	155.08	6728.53
		LOMO 2	183.71	145.67	149.52	172.1	159.22	154.04	173.36	
		LOMO 3	145.93	165.33	146.58	170.96	154.71	157.23	151.7	
		LOMO 4	176.36	146.68	169.98	146.69	151.12	155.65	171.27	
		LOMO 5	169.32	157.11	160.88	171.33	146.25	160.49	151.76	
		LOMO 6	173.67	146.27	151.64	173.34	168.32	171.4	169.95	
		V. DIA	998.88	926.39	939.21	981.57	942.74	966.62	973.12	
	2	LOMO 1	161.94	156.54	152.91	152.38	153.86	168.37	146.53	6569
		LOMO 2	148.51	159.62	152.06	160.5	147.38	160.29	156.88	
		LOMO 3	147.27	149.43	153.15	150.58	153.54	169.84	171.48	
		LOMO 4	149.9	150.93	146.78	173.61	155.66	159.34	152.07	
		LOMO 5	157.91	168.71	148.13	155.02	165.6	166.28	149.09	
		LOMO 6	150.51	165.88	156.31	148.96	146.75	158.65	169.85	
		V. DIA	916.04	951.11	909.34	941.05	922.79	982.77	945.9	
	3	LOMO 1	172	146.89	160.98	162.87	168.45	171.55	154.24	6663.83
		LOMO 2	162.03	147.57	146.98	169.56	161.2	167.3	158.15	
		LOMO 3	171.92	145.84	157.02	155.49	160.82	167.99	151.9	
		LOMO 4	158.54	167.27	160.68	148	153.51	147.31	165.47	
LOMO 5		168.31	158.98	148.71	158.89	162.27	148.97	160.5		
LOMO 6		162.66	156.82	146.65	158.46	147.67	161.62	161.79		

	V. DIA	995.46	923.37	921.02	953.27	953.92	964.74	952.05	
<b>TOTAL DE SUMINISTRO DE AGUA</b>									<b>19961.36</b>

❖ ETAPA VEGETATIVA 2 (Desarrollo de la Hoja, Brotes de la parte Vegetativa) Uso del recurso Hídrico

**Tabla 28 — Control de riego, etapa vegetativa 2, sin sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO										
	TIEMPO DE RIEGO		20 MIN							
ETAPA	SEMANA	LOMO/DIA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMANAL
ETAPA VEGETATIVA Desarrollo de la Hoja, Brotes de la parte Vegetativa	4	LOMO 1	192.3		203.92		193.89		203.92	4767.55
		LOMO 2	193.77		200.79		193.8		204.03	
		LOMO 3	197.95		202		192.68		201.97	
		LOMO 4	197.58		204.19		194.01		202.52	
		LOMO 5	193.37		205.14		191.54		205.66	
		LOMO 6	192.48		202.79		194.1		203.15	
		V. DIA	1167.45	0	1218.83	0	1160.02	0	1221.25	
	5	LOMO 1		196.3		201.19		194.15		3563.57
		LOMO 2		196.89		203.06		193.41		
		LOMO 3		198.25		203.08		195.8		
		LOMO 4		196.21		201.47		194.94		
		LOMO 5		195.8		203.3		197.41		
		LOMO 6		192.06		203.44		196.81		
		V. DIA	0	1175.51	0	1215.54	0	1172.52	0	
	6	LOMO 1	204.97		192.44		194.15		200.61	4769.51
		LOMO 2	201.45		194.69		192.19		200.85	
		LOMO 3	204.72		196.18		194.72		202.99	
		LOMO 4	204.64		198.06		198.33		204.79	
		LOMO 5	200.97		193.2		196.23		203.24	
		LOMO 6	200.59		192.37		195.29		201.84	
		V. DIA	1217.34	0	1166.94	0	1170.91	0	1214.32	
7	LOMO 1		198.44		202.59		196.78		3555	
	LOMO 2		192.52		203.51		194.63			
	LOMO 3		195.38		202.27		192.62			
	LOMO 4		196.67		201.08		192.36			
	LOMO 5		196.09		205.01		198.66			
	LOMO 6		193.42		201.27		191.7			
	V. DIA	0	1172.52	0	1215.73	0	1166.75	0		
ET	podaciòn n 8	LOMO 1	192.93	198.46	196.94	195.53	195.64	192.46	198.66	8199.32



		LOMO 2	194.71	194	197.84	192.92	195.48	192.53	194.55	3599.96	
		LOMO 3	195.65	192.06	191.6	198.3	195.3	196.82	195.58		
		LOMO 4	197.1	195.79	198.6	195.34	195.85	197.75	191.89		
		LOMO 5	195.28	192.01	194.66	193.58	197.22	194.36	194.82		
		LOMO 6	196.96	194.23	193.95	195.64	198.66	193.37	194.3		
		V. DIA	1172.63	1166.55	1173.59	1171.31	1178.15	1167.29	1169.8		
	9	LOMO 1		204.04		195.59		204.37			
		LOMO 2		202.33		193.46		202.26			
		LOMO 3		201.96		192.64		203.31			
		LOMO 4		201.02		194.36		202.25			
		LOMO 5		204.69		192.89		201.28			
		LOMO 6		202.67		198.39		202.45			
	V. DIA	0	1216.71	0	1167.33	0	1215.92	0			
	10	LOMO 1	198.47		201.8		192.79		203.57		4769.58
		LOMO 2	191.67		202.71		194.3		204.22		
		LOMO 3	192.07		201.67		197.72		203.57		
		LOMO 4	195.88		202.8		195.56		201.54		
		LOMO 5	196.24		200.9		193.53		201.95		
		LOMO 6	195.7		201.57		196.18		203.17		
	V. DIA	1170.03	0	1211.45	0	1170.08	0	1218.02			
	11	LOMO 1		192.13		204.73		197.97			3559
		LOMO 2		195.28		204.16		195.71			
		LOMO 3		196.31		200.8		191.64			
		LOMO 4		194.11		201.95		198.04			
LOMO 5			195.49		205.15		192.01				
LOMO 6			197.78		201.59		194.15				
V. DIA	0	1171.1	0	1218.38	0	1169.52	0				
12	LOMO 1	196.35		203.08		193.85		197.25	4737.28		
	LOMO 2	198.21		204.13		198.34		193.56			
	LOMO 3	192.63		204.24		196.62		191.79			
	LOMO 4	196.27		204.76		193.44		198.49			
	LOMO 5	195.15		200.54		198.07		194.17			
	LOMO 6	194.05		200.98		197.46		193.85			
V. DIA	1172.66	0	1217.73	0	1177.78	0	1169.11				
13	LOMO 1		204.76		196.97		204.39		3612.12		
	LOMO 2		202.37		196.31		201.71				
	LOMO 3		201.41		194.52		205.66				
	LOMO 4		201.42		196.43		200.59				
	LOMO 5		203.68		196.41		204.57				
	LOMO 6		202.43		193.5		204.99				
V. DIA	0	1216.07	0	1174.14	0	1221.91	0				

❖ ETAPA VEGETATIVA 2 (Desarrollo de la Hoja, Brotes de la parte Vegetativa) Uso del recurso Hídrico

**Tabla 29 — Control de riego, etapa vegetativa 2, con sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO										
	TIEMPO DE RIEGO	20 MIN								
ETAPA	SEMANA	LOMO/DIA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMANAL
ETAPA VEGETATIVA Desarrollo de la Hoja, Brotes de la parte Vegetativa	4	LOMO 1	147.39		167.59		166.04		164.08	3889.1
		LOMO 2	161.36		169.2		170.88		159.55	
		LOMO 3	150.97		168.67		169.68		176.1	
		LOMO 4	146.78		152.04		168.73		158.83	
		LOMO 5	155.34		174.56		170.63		168.35	
		LOMO 6	149.21		153.6		166.53		152.99	
		V. DIA	911.05	0	985.66	0	1012.49	0	979.9	
	5	LOMO 1		165.85		169.26		172.27		2943.07
		LOMO 2		165.74		151.24		169.92		
		LOMO 3		166.89		157.63		167.86		
		LOMO 4		161.05		146.13		164.2		
		LOMO 5		160.82		148.26		171.51		
		LOMO 6		173.66		158.37		172.41		
		V. DIA	0	994.01	0	930.89	0	1018.17	0	
	6	LOMO 1	162.68		170.75		169.94		173.04	3953.39
		LOMO 2	163.2		168.59		163.66		154.47	
		LOMO 3	168.7		164.73		175.31		170.93	
		LOMO 4	169.08		165.69		163.27		162.75	
		LOMO 5	162.94		160.08		167.56		147.09	
		LOMO 6	165.22		171.03		163.25		149.43	
		V. DIA	991.82	0	1000.9	0	1002.99	0	957.71	
	7	LOMO 1		164.54		163.41	148.03	167.6		3937.52
		LOMO 2		176.19		145.8	168.27	166.8		
		LOMO 3		172.03		171.13	171.1	174.12		
LOMO 4			175.69		169	169.05	148.17			



ETAPA VEGETATIVA		LOMO 5		161.09		150.56	164.97	154.32			
		LOMO 6		161.61		171.21	169.09	153.74			
		V. DIA	0	1011.15	0	971.11	990.51	964.75	0		
	Brotos de la parte Vegetativa	8	LOMO 1		173.31	163.46		152.67	162.79	170.6	4849.71
			LOMO 2		159.65	151.94		156.43	167.47	151.28	
			LOMO 3		170.77	173.09		155.56	156.97	158.74	
			LOMO 4		175.89	150.28		149.37	152.15	162.3	
			LOMO 5		158.58	172.75		165.5	168.45	163.54	
			LOMO 6		164.36	157.2		170.82	156.84	156.95	
			V. DIA	0	1002.56	968.72	0	950.35	964.67	963.41	
		9	LOMO 1		157.86		176.1	176.24	156.35		3904.26
			LOMO 2		163.52		175.62	157.94	174.48		
			LOMO 3		148.02		163.12	150.48	166.26		
			LOMO 4		147.21		167.34	147.37	166.38		
			LOMO 5		159.28		167.16	168.07	148.17		
			LOMO 6		174.6		175.3	161.81	155.58		
			V. DIA	0	950.49	0	1024.6	961.91	967.22	0	
		10	LOMO 1	148.53		151.21		170.36		171.52	3917.05
			LOMO 2	154.76		146.78		168.6		159.53	
LOMO 3			167.65		157.94		165.74		156.59		
LOMO 4			168.57		158.96		170.42		163.93		
LOMO 5	151.38			169		172.85		168.19			
LOMO 6	160.07			175.34		173.3		165.83			
V. DIA	950.96		0	959.23	0	1021.27	0	985.59			

❖ ETAPA REPRODUCTIVA: Aparición Primeras Yemas Florales, Floración

**Tabla 30 — Control de riego, etapa reproductiva, sin sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO												
	TIEMPO DE RIEGO		20 MIN									
ETAPA	SEMANA	LOMO/DIA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMANA L		
ETAPA REPRODUCTIVA	Aparición Primeras Yemas Florales	Floración	14	LOMO	191.		201.		205.		4767.78	
				1	83		78		48			197.83
				LOMO	192.		203.		203.			193.25
				2	63		73		57			
				LOMO	193.		201.		204.			195.74
				3	9		27		27			
				LOMO	192.		202.		201.			195.26
	4	96		45		87						
	LOMO	198.		201.		202.		193.97				
	5	5		34		24						
	LOMO	191.		205.		201.		195.15				
	6	79		64		33						
	V. DIA	1161	0	1216	0	121	0	1171.2				
			.61		.21		8.76					
Aparición Primeras Yemas Florales	15	Floración	LOMO			208.		195.		3636.65		
			1			68		85			202	
			LOMO			207.		196.			203.52	
			2			11		89				
			LOMO			205.		192.			203.28	
3			52		05							
LOMO			206.		195.		205.11					
4			71		29							



		LOMO			210.		192.		202.25	
		5			62		59			
		LOMO			209.		194.		205.21	
		6			28		69			
		V. DIA	0	0	1247	0	116	0	1221.37	
					.92		7.36			
	16	LOMO		202		193	201.			
		1			.84		44			
		LOMO		200.		196	201.			
		2		51		.28	29			
		LOMO		203.		191	202.			
		3		13		.53	68			
		LOMO		201.		195	205.			
	4		57		.97	36				
	LOMO		204.		192	201.				
	5		49		.85	45				
	LOMO		202.		194	201.				
	6		96		.58	71				
		V. DIA	0	1214	0	116	1213	0	0	
				.7		5.0	.93			
						5				
										3593.64



❖ ETAPA REPRODUCTIVA: Aparición Primeras Yemas Florales, Floración

**Tabla 31 — Control de riego, etapa reproductiva, con sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO												
		TIEMPO DE RIEGO		20 MIN								
ETAPA	SEMANA	LOMO/DIA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMANAL		
ETAPA REPRODUCTIVA Aparición Primeras Yemas Florales Floración	11	LOMO 1		170.52		167.58		168.55		3012.01		
		LOMO 2		161.31		172.99		172.59				
		LOMO 3		162.7		164.89		172.17				
		LOMO 4		176.13		154.6		168.59				
		LOMO 5		161.37		166.73		168.58				
		LOMO 6		170.63		168.12		163.96				
		V. DIA	0	1002.66	0	994.91	0	1014.44	0			
	12	LOMO 1	174.25		174.78		161.45		173.04	3923.55		
		LOMO 2	145.53		167.58		150.27		170.6			
		LOMO 3	161.16		164.41		152.92		176.04			
		LOMO 4	173.82		152.14		169.82		169.49			
		LOMO 5	166.41		162.99		157.23		170.84			
		LOMO 6	154.02		156.43		151.21		167.12			
		V. DIA	975.19	0	978.33	0	942.9	0	1027.13			
	13	LOMO 1		174.82		169.7		151.71		2953.51		
		LOMO 2		149.33		170.14		159.58				
		LOMO 3		174.06		164.75		168.84				
		LOMO 4		174.32		160.81		176.34				
		LOMO 5		150		165.73		154.27				
		LOMO 6		160.69		169.63		158.79				
		V. DIA	0	983.22	0	1000.76	0	969.53	0			
	14	LOMO 1	175.8		170.78		153.91		168.19	3959.31		
		LOMO 2	161.79		165.07		163.53		152.36			
		LOMO 3	168.13		175.67		170.53		148.77			
LOMO 4		175.24		168.86		146.84		174.27				
LOMO 5		168.15		171.26		161.1		160.18				
LOMO 6		171.29		167.16		161.1		159.33				
V. DIA		1020.4	0	1018.8	0	957.01	0	963.1				



❖ ETAPA PRODUCTIVA: Frutos y Maduración

**Tabla 32 — Control de riego, etapa productiva, sin sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO											
	TIEMPO DE RIEGO		20 MIN								
ETAPA	SEMANA	LOMO/DIA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMANAL	
ETAPA PRODUCTIVA	Frutos y Maduración	17	LOMO 1	198. 62		205.3 5		194. 62		197. 54	4743.53
			LOMO 2	191. 91		203.6 9		196. 08		191. 7	
			LOMO 3	197. 57		203.1 6		195. 11		196. 77	
			LOMO 4	196. 59		203.0 2		195. 59		195. 61	
			LOMO 5	194. 13		204.2 7		197. 13		197. 89	
			LOMO 6	194. 2		203.8 3		193. 72		195. 43	
			V. DIA	117 3	0	1223. 3	0	1172 .3	0	117 4.9	
		18	LOMO 1		202. 29		193. 89		197. 4		3548
			LOMO 2		200. 84		192. 78		198. 59		
			LOMO 3		204. 96		195. 91		193. 79		
			LOMO 4		202. 3		193. 28		193. 71		



		LOMO 5	202. 45		194. 46		195. 48		
		LOMO 6	200. 51		191. 48		193. 88		
		V. DIA	0 3.4	0	1161 .8	0	1172 .9	0	
19		LOMO 1	202. 03		204.7 3				2429.77
		LOMO 2	202. 24		203.4 8				
		LOMO 3	203. 89		201.2 3				
		LOMO 4	200. 97		202.4 1				
		LOMO 5	201. 16		204.5 8				
		LOMO 6	201. 6		201.4 5				
		V. DIA	121 1.9	0	1217. 9				

❖ ETAPA PRODUCTIVA: Frutos y Maduración

**Tabla 33 — Control de riego, etapa productiva, con sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO										
	TIEMPO DE RIEGO		20 MIN							
ETAP A	SEMA NA	LOMO/ DIA	R 1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMAN AL
ETAPA PRODUCTIVA Frutos y Maduración	15	LOMO 1			172. 2		171. 66		162. 42	2955.46
		LOMO 2			163. 1		169. 19		170. 48	
		LOMO 3			162		166. 26		149. 67	
		LOMO 4			168		160. 88		148. 96	
		LOMO 5			170. 3		163. 93		160. 96	
		LOMO 6			168		174. 61		152. 95	
		V. DIA	0	0	100 3	0	1006 .5	0	945. 44	
	16	LOMO 1			171. 33		170		152. 08	2979.73
		LOMO 2			169. 43		168. 8		157. 24	
		LOMO 3			168. 63		170. 3		153. 3	
		LOMO 4			160. 92		167. 1		171. 25	



		LOMO 5		174. 84		167. 7		168. 92		
		LOMO 6		173. 46		160. 6		153. 98		
		V. DIA	0	1018 .6	0	100 4	0	956. 77	0	

❖ ETAPA PRODUCTIVA: COSECHA

**Tabla 34 — Control de riego, etapa productiva, con sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO										
TIEMPO DE RIEGO			20 MIN							
ETAPA	SEMANA	LOMO/DIA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEMANA L
COSECHA	20	LOMO 1	183.63		179.04		195.88		176.53	4477.09
		LOMO 2	185.66		193.99		197.61		182.85	
		LOMO 3	188.73		181.06		193.5		192.83	
		LOMO 4	188.46		181.78		190.4		189.19	
		LOMO 5	183.95		175.71		191.21		184.97	
		LOMO 6	180.75		178.01		198.07		183.28	
		V. DIA	1111.2	0	1089.6	0	1166.7	0	1109.7	
	21	LOMO 1		191.02		170.78		198.4		3325
		LOMO 2		176.03		174.89		193.41		
		LOMO 3		192.47		173.08		196.63		
		LOMO 4		191.17		162.34		191.07		
		LOMO 5		193.71		173.24		191.35		
		LOMO 6		189.29		171.38		194.74		
		V. DIA	0	1133.7	0	1025.7	0	1165.6	0	
	22	LOMO 1	160.95			186.71			190.47	3282.84
		LOMO 2	162.14			177.91			190.85	
		LOMO 3	163.89			191.43			199.61	
		LOMO 4	160.79			187.35			192.87	
LOMO 5		169.88			194.88			196.49		
LOMO 6		174.81			183.77			198.04		



COSECHA	23	V. DIA	992.46	0	0	1122.1	0	0	1168.3	3217.36
		LOMO 1		189.51		172.06		175.41		
		LOMO 2		186.77		168.96		177.73		
		LOMO 3		179.16		168.93		186.59		
		LOMO 4		175.91		174.57		179.83		
		LOMO 5		186.69		165.85		177.32		
		LOMO 6		183.68		173.76		194.63		
	V. DIA	0	1101.7	0	1024.1	0	1091.5	0		
	24	LOMO 1		169.5			180.13		178.21	3176.69
		LOMO 2		163.7			177.37		182.67	
		LOMO 3		169.63			177.34		176.36	
		LOMO 4		162.16			184.73		181.22	
		LOMO 5		160.03			191.88		176.34	
		LOMO 6		171.16			193.31		180.95	
		V. DIA	0	996.18	0	0	1104.8	0	1075.8	
	25	LOMO 1			184.87		185.17		172.42	3241.08
		LOMO 2			183.46		193.57		168.73	
		LOMO 3			175.46		190.25		171.83	
		LOMO 4			176.69		186.75		164.99	
		LOMO 5			184.15		186.88		173	
		LOMO 6			179.98		191.08		171.8	
		V. DIA	0	0	1084.6	0	1133.7	0	1022.8	
	26	LOMO 1		164.7		162.55		185.35		3041.95
LOMO 2			161.57		153.63		189.85			
LOMO 3			166.78		156.83		192.47			
LOMO 4			163.91		150.81		180.92			
LOMO 5			167.42		164.26		175.92			
LOMO 6			170.53		151.92		182.53			
V. DIA		0	994.91	0	940	0	1107	0		
27	LOMO 1	161.32			160.66			179.7	3045.09	
	LOMO 2	158.88			172.64			179.99		
	LOMO 3	157.68			164.73			186.61		
	LOMO 4	153.81			168.8			186.69		
	LOMO 5	154.28			164.74			187.76		
	LOMO 6	159.87			165.17			181.76		
	V. DIA	945.84	0	0	996.74	0	0	1102.5		



28	LOMO 1		160.87		157.96		182.48		2852.42
	LOMO 2		161.26		154.72		185.74		
	LOMO 3		170.53		164.67		186.34		
	LOMO 4		164.21		159.86		181.04		
	LOMO 5		174.63		151.65		176.02		
	LOMO 6		170.21		151.75		180.96		
	V. DIA	0	1001.7	0	940.61	0	910.1	0	

❖ ETAPA PRODUCTIVA: COSECHA

**Tabla 35 — Control de riego, etapa de cosecha, sin sistema**

COSECHA	29	LOMO 1	191.05		163.7			151.29		3053.91
		LOMO 2	175.73		164.39			161.26		
		LOMO 3	190.58		160.08			161.41		
		LOMO 4	179.73		170.47			159.2		
		LOMO 5	185.56		167.66			162.09		
		LOMO 6	185.04		161.95			162.72		
		V. DIA	1107.7	0	988.25	0	0	957.97	0	
30	LOMO 1			179.1		164.72		161.07	3075.4	
	LOMO 2			186.54		162.86		161.09		
	LOMO 3			179.82		162.53		168.77		



	LOMO 4			175.64		161.57		167.05	
	LOMO 5			189.44		167.02		171.33	
	LOMO 6			183.47		165.52		167.86	
	V. DIA	0	0	1094	0	984.22	0	997.17	
31	LOMO 1		165.71		168.8		185.45		3116.47
	LOMO 2		165.77		171.75		176.59		
	LOMO 3		174.96		163.42		185.33		
	LOMO 4		161.99		167.12		188.06		
	LOMO 5		169.61		164.49		183.1		
	LOMO 6		161.25		173.6		189.47		
	V. DIA	0	999.29	0	1009.2	0	1108	0	

❖ ETAPA PRODUCTIVA: COSECHA

**Tabla 36 — Control de riego, etapa de cosecha, con sistema**

LOMO DE 8.50 METROS DE LARGO			
	TIEMPO DE RIEGO	20 MIN	

ETAPA	SEMANA	LOM O/DI A	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	V. SEM ANA L
COSECHA	17	LOM O 1	170.4		102.12		92.55		105.84	3010. 33
		LOM O 2	172.48		111.44	74.61	97.66		94.48	
		LOM O 3	171.66		90.85		102.6		94.03	
		LOM O 4	173.33		111.87	80.54	91		114.68	
		LOM O 5	170.5		96.1		97.43		102.41	
		LOM O 6	168.93		114.25		104.17		104.4	
		V. DIA	1027.3	0	626.63	155.15	585.41	0	615.84	
COSECHA	18	LOM O 1		103.02	73.15	84.51		94.38		2596. 88
		LOM O 2		95.05	93.34	99.7	86.53	96.15		
		LOM O 3	112.89	93.22		108.78		91.35	92.42	
		LOM O 4		112.31		104.54	91.23	94.96		
		LOM O 5		91.13	84.95	88.5		90.66	110.98	
		LOM O 6	113.33	93.79		101.69		94.32		



		V. DIA	226.22	588.52	251.44	587.72	177.76	561.82	203.4	
COSECHA	19	LOM O 1	102.53	78.11	91.81		99.7	82.85		2610. 53
		LOM O 2	100.74		96.23	81.91	109.37		95.88	
		LOM O 3	95.26	71.81	93.59		103.72	70.29		
		LOM O 4	103.32	86.25	92.87		100.59		86.69	
		LOM O 5	99.26		91.05		112.47	82.28		
		LOM O 6	103.38		90.85	86.47	101.25			
		V. DIA	604.49	236.17	556.4	168.38	627.1	235.42	182.57	
	20	LOM O 1	105.39	85.06	113.46		82.55		98.15	3039. 1
		LOM O 2	119.53		108.93	89.5	100.44		103.47	
		LOM O 3	107.85	88.09	103.67		93.29		103.9	
		LOM O 4	114.18		103.35		85.73	89.51	101.04	
		LOM O 5	106.07		110.23	91.7	114.08		103.16	
		LOM O 6	113.86	79.98	104.79		113.15		104.99	
V. DIA		666.88	253.13	644.43	181.2	589.24	89.51	614.71		

21	LOM O 1		107.82	88.08	110.43		99.6		2514. 44
	LOM O 2	92.27	102		89.28		102.5	74.27	
	LOM O 3		106.54		106.21	84.16	109.46		
	LOM O 4		109.85	72.4	89.39		100.14		
	LOM O 5		110.88	74.07	112.96		108.96		
	LOM O 6	93.91	73.61		111.27		102.23	82.15	
	V. DIA	186.18	610.7	234.55	619.54	84.16	622.89	156.42	
22	LOM O 1	106.81	72.96		102.3	91.7		108.84	2474. 69
	LOM O 2	105.11			115.71			109.16	
	LOM O 3	101.2		80.16	117.96			107.31	
	LOM O 4	101.61			105.77	91.13		105.8	
	LOM O 5	110.85	92.62		118.03			116.05	
	LOM O 6	100.94			112.59		84.49	115.59	
	V. DIA	626.52	165.58	80.16	672.36	182.83	84.49	662.75	
23	LOM O 1		107.35	84.19		108.41	80.13	102.65	2593. 37

COSECHA		LOM O 2		105.22		72.66	109.52		103.88	
		LOM O 3	85.03	109.99			106.14		100.77	
		LOM O 4		108.02		83.16	112.93		100.87	
		LOM O 5	80.25	105.78			116.04	90.56	101.87	
		LOM O 6		108.22	89.36		119.06		101.31	
		V. DIA	165.28	644.58	173.55	155.82	672.1	170.69	611.35	
	24	LOM O 1			114.76	99.92	104.96		104.3	2472. 82
		LOM O 2	89.62		114.14		103.6		103.25	
		LOM O 3			118.51		103.2	86.75	108.22	
		LOM O 4		98.52	106.07		104.11		100.58	
		LOM O 5			108.42	95.37	104.48		102.97	
		LOM O 6	75.09		118.68		100.91		106.39	
		V. DIA	164.71	98.52	680.58	195.29	621.26	86.75	625.71	
	25	LOM O 1	81.22		119.23			123.84	88.34	2231. 86
		LOM O 2			113.93	87.28		124.02		



	LOM O 3			113.27		95.76	124.65		
	LOM O 4		90.13	115.81			123.57		
	LOM O 5	97.96		118.66	97.51		124.55		
	LOM O 6		73.54	116.04		81.42	121.13		
	V. DIA	179.18	163.67	696.94	184.79	177.18	741.76	88.34	
26	LOM O 1	107.13			102.4		85.33	107.15	2453.01
	LOM O 2	107.89	92.53		104.51			119.44	
	LOM O 3	109.84		82.04	102.36			117.38	
	LOM O 4	108.6			100.23	96.34		108.4	
	LOM O 5	105.96	70.13		103.06			105.56	
	LOM O 6	105.38		99.86	104.66			106.83	
	V. DIA	644.8	162.66	181.9	617.22	96.34	85.33	664.76	
27	LOM O 1		101.94	88.62	108.39		102.97		2419.24
	LOM O 2		101.55		107.56		103.68	93.93	
	LOM O 3	86.65	102.4		105.89		100.6		

		LOM O 4		102.04	88.76	107.14		103.61							
		LOM O 5		102.62		105.72	96.45	103.57							
		LOM O 6	98.42	100.07		106.36		100.3							
		V. DIA	185.07	610.62	177.38	641.06	96.45	614.73	93.93						
COSECHA	28	LOM O 1		114.67		98.5	120.63		96.84	2543. 03					
		LOM O 2		118.89	88.22		122.65		98.6						
		LOM O 3		115.51		74.77	123.98		95.79						
		LOM O 4	77.45	112.52			122.73		97.84						
		LOM O 5		114.7	99.22		122.8		97.79						
		LOM O 6		114.51			121.78	95.8	96.84						
		V. DIA	77.45	690.8	187.44	173.27	734.57	95.8	583.7						
	29	LOM O 1	97.06		111.79			119.29		2211. 98					
		LOM O 2			106.82	84.09		118.02	72.52						
		LOM O 3		79.15	105.93		96.03	117.36							
		LOM O 4			106.86	80.34		122.37							

		LOM O 5	71.76		110.54		98.89	119.8		
		LOM O 6		95.11	108.74			115.64	73.87	
		V. DIA	168.82	174.26	650.68	164.43	194.92	712.48	146.39	
	30	LOM O 1		124.22	95.65		114.24		102.7	
		LOM O 2		120.16			117.94		102.74	
		LOM O 3	82.08	123.19			113.53		104.19	
		LOM O 4		124.23			114.84	98.24	103.74	
		LOM O 5		122.46		80.66	116.76		102.48	
		LOM O 6		124.44			114.32	83.76	104.06	
		V. DIA	82.08	738.7	95.65	80.66	691.63	182	619.91	
	31	LOM O 1		116.85		115.71		104.35		
		LOM O 2		119.03	96.31	119.98		103.76		
		LOM O 3		123.19		110.34	99.67	104.86		
		LOM O 4		121.39		111.28		103.08	116.73	
		LOM O 5	77	119.97		111.36		101.27		
										2490. 63
										2415. 89

		LOMO 6		124.36		112.89		102.51		
		V. DIA	77	724.79	96.31	681.56	99.67	619.83	116.73	

### ANÁLISIS DE RESULTADO DE LA CANTIDAD DE PRODUCCIÓN Y TIEMPO.

❖ COSECHA

Tabla 37 — Cosecha kg, por semana, sin sistema

ETAPA	SEMANA	DIA/COSECHA	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	KG S
COSECHA	19	LOMO 1	ETAPA PRODUCTIVA					0.5		4.22
		LOMO 2						0.8		
		LOMO 3						1		
		LOMO 4						0.4		
		LOMO 5						0.65		
		LOMO 6						0.87		
		K. COSECHA				0	4.22	0		
OSECHA	20	LOMO 1		1.26			0.95			11.83
		LOMO 2		0.87			0.88			
		LOMO 3		0.9			1.09			
		LOMO 4		1.13			0.88			
		LOMO 5		1.19			0.93			
		LOMO 6		0.88			0.87			
		K. COSECHA	0	6.23	0	0	5.6	0	0	
	21	LOMO 1			1.01			0.94		13.68
		LOMO 2			1.29			1.16		



		LOMO 3		1.11			1.29			13.61
		LOMO 4		0.94			1.3			
		LOMO 5		1.21			0.9			
		LOMO 6		1.26			1.27			
		K. COSECHA	0	6.82	0	0	6.86	0	0	
	22	LOMO 1		1.45			1.02			
		LOMO 2		1.04			1			
		LOMO 3		1.36			0.99			
		LOMO 4		1.16			0.91			
		LOMO 5		1.17			1.05			
		LOMO 6		1.43			1.03			
	K. COSECHA	0	7.61	0	0	6	0	0		
		23	LOMO 1		1.01			1.41		
LOMO 2				1.24			1.19			
LOMO 3				1.05			1.12			
LOMO 4				1.21			1.03			
LOMO 5				0.94			1.43			
LOMO 6				1.14			1.31			
K. COSECHA			0	6.59	0	0	7.49	0	0	
24		LOMO 1		1.27			0.97			
		LOMO 2		1.2			1.01			
		LOMO 3		1.02			0.9			
		LOMO 4		1.39			1.07			
		LOMO 5		1.13			1.06			
		LOMO 6		1.39			0.89			
K. COSECHA	0	7.4	0	0	5.9	0	0			
COSECHA	25	LOMO 1		0.97			0.88			11.6
		LOMO 2		0.91			0.9			
		LOMO 3		1.1			1.01			
		LOMO 4		1.07			0.88			



COSECHA		LOMO 5		0.89			1.07			
		LOMO 6		0.96			0.96			
		K. COSECHA	0	5.9	0	0	5.7	0		0
	26	LOMO 1			1.3				0.89	13.53
		LOMO 2			1.38				1.08	
		LOMO 3			1.04				1.09	
		LOMO 4			1.39				0.94	
		LOMO 5			1.31				1.09	
		LOMO 6			1.03				0.99	
	K. COSECHA	0	0	7.45	0	0	0	6.08		
	27	LOMO 1			1.02			0.96		12.68
		LOMO 2			1.08			1.01		
		LOMO 3			1.09			1.09		
		LOMO 4			1.12			0.99		
		LOMO 5			1.16			1.01		
		LOMO 6			1.15			1		
	K. COSECHA	0	0	6.62	0	0	6.06	0		
	COSECHA	28	LOMO 1			1.16		0.96		12.29
LOMO 2					1.03		1.01			
LOMO 3					1.07		0.97			
LOMO 4					1.01		1.01			
LOMO 5					0.99		1			
LOMO 6					1.19		0.89			
K. COSECHA		0	0	6.45	0	0	5.84	0		
29		LOMO 1			1.15		0.95		12.41	
		LOMO 2			1.26		1			
		LOMO 3			1.11		0.92			
		LOMO 4			1.12		1.04			
		LOMO 5			0.98		0.96			
	LOMO 6			1.06		0.86				

	30	K. COSECHA	0	0	6.68	0	0	5.73	0	13.24
		LOMO 1			1.03			1.05		
		LOMO 2			1.28			1.05		
		LOMO 3			1.1			1.1		
		LOMO 4			1.09			1.04		
		LOMO 5			1.27			1.09		
		LOMO 6			1.09			1.05		
	K. COSECHA	0	0	6.86	0	0	6.38	0		
	31	LOMO 1			1.26			0.87		12.52
		LOMO 2			1.34			0.9		
		LOMO 3			1.04			0.88		
		LOMO 4			1.09			0.86		
		LOMO 5			1.12			1		
LOMO 6				1.13			1.03			
K. COSECHA		0	0	6.98	0	0	5.54	0		

### ANÁLISIS DE RESULTADO DE LA CANTIDAD DE PRODUCCIÓN Y TIEMPO.

#### ❖ COSECHA

Tabla 38 — Cosecha kg, por semana, con sistema

ETAPA	SEMANA	DIA/COSECHA	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	KG S
COSECHA	17	LOMO 1		0.93			0.9 3			10.73
		LOMO 2		0.95			0.8 8			
		LOMO 3		0.83			0.8 8			
		LOMO 4		0.81			0.8 9			

		LOMO 5		0.83			0.9				
		LOMO 6		0.96			0.9				
		K. COSECHA	0	5.31	0	0	5.4	0	0		
	18	LOMO 1	0.99				1.1				12.01
		LOMO 2	0.92				1				
		LOMO 3	0.99				1.1				
		LOMO 4	0.92				1.1				
		LOMO 5	0.89				1.0				
		LOMO 6	0.86				1.0				
		K. COSECHA	5.57	0	0	0	6.4	0	0		
COSECHA	19	LOMO 1		1.06			1.0			12.13	
		LOMO 2		1.02			1.0				
		LOMO 3		1			1.0				
		LOMO 4		1.02			0.9				
		LOMO 5		1.06			1.0				
		LOMO 6		1.01			1				
		K. COSECHA	0	6.17	0	0	5.9	0	0		



	20	LOMO 1		1.11			1.01			12.55
		LOMO 2		1.16			0.92			
		LOMO 3		1.06			1.08			
		LOMO 4		1.06			1.05			
		LOMO 5		1.16			0.91			
		LOMO 6		1.12			0.91			
		K. COSECHA	0	6.67	0	0	5.88	0	0	
COSECHA	21	LOMO 1	1.03			1.15			0.85	18.04
		LOMO 2	0.92			1.15			0.89	
		LOMO 3	0.92			1.19			0.95	
		LOMO 4	1.06			1.15			0.79	
		LOMO 5	1.09			1.09			0.97	
		LOMO 6	0.9			1.12			0.82	
		K. COSECHA	5.92	0	0	6.85	0	0	5.27	
	22	LOMO 1			1.02				0.88	13.56
		LOMO 2			1.18				1.36	
		LOMO 3			1.03				1.26	
		LOMO 4			0.94				1.3	
		LOMO 5			1.07				1.13	
		LOMO 6			1.24				1.15	
K. COSECHA		0	0	6.48	0	0	0	7.08		
23	LOMO 1			1.17				1.32	15.66	

		LOMO 2			1.13				1.47	
		LOMO 3			1.31				1.46	
		LOMO 4			1.23				1.25	
		LOMO 5			1.15				1.54	
		LOMO 6			1.19				1.44	
		K. COSECHA	0	0	7.18	0	0	0	8.48	
	24	LOMO 1			1.43				1.49	17.76
		LOMO 2			1.52				1.63	
		LOMO 3			1.34				1.7	
		LOMO 4			1.33				1.56	
		LOMO 5			1.45				1.58	
		LOMO 6			1.36				1.37	
	K. COSECHA	0	0	8.43	0	0	0	9.33		
	25	LOMO 1			1.54				1.69	18.74
		LOMO 2			1.7				1.52	
		LOMO 3			1.35				1.5	
		LOMO 4			1.37				1.73	
		LOMO 5			1.55				1.48	
		LOMO 6			1.72				1.59	
	K. COSECHA	0	0	9.23	0	0	9.51	0		
	26	LOMO 1		1.71				1.58		20
		LOMO 2		1.46				1.59		
		LOMO 3		1.61				1.58		
		LOMO 4		1.77				1.75		
LOMO 5			1.72				1.73			
LOMO 6			1.76				1.74			
K. COSECHA	0	10.03	0	0	9.97	0	0			

COSECHA	27	LOMO 1		1.9				2.02		22.75	
		LOMO 2		1.95				1.89			
		LOMO 3		1.72				1.87			
		LOMO 4		1.74				2.04			
		LOMO 5		1.92				1.9			
		LOMO 6		1.87				1.93			
		K. COSECHA	0	11.1	0	0	0	11.65	0		
	28	LOMO 1			2.01				2.28		25.84
		LOMO 2			2.24				2.19		
		LOMO 3			2.08				2.34		
		LOMO 4			2.01				2.21		
		LOMO 5			2.02				2.14		
		LOMO 6			2.1				2.22		
K. COSECHA		0	0	12.46	0	0		13.38	0		

## ANEXO 5: PRUEBA DE CRONBACH

Tabla 39 — Instrumento de encuesta, para la investigación

NÚMERO DE PREGUNTA	DESCRIPCIÓN DE LA PREGUNTA
Pregunta 1	¿El sistema de control de riego automatizado cumple de forma satisfactoria con las funciones necesarias para el riego del cultivo de fresa?
Pregunta 2	¿Las funciones disponibles en el sistema de control de riego automatizado cubren todas las necesidades técnicas requeridas para el riego del cultivo de fresa?
Pregunta 3	¿Durante su uso, el sistema de control de riego automatizado presenta fallos o errores con una frecuencia mínima aceptable?
Pregunta 4	¿Cuándo se solicita información al sistema, esta se muestra dentro de un tiempo de respuesta considerado adecuado para las labores de riego?
Pregunta 5	¿El manejo del sistema de control de riego automatizado es fácil de aprender para un usuario sin experiencia previa en sistemas similares?
Pregunta 6	¿Para utilizar el sistema, el nivel de capacitación requerido es razonable y no demanda acompañamiento permanente de un experto?
Pregunta 7	¿La información mostrada en la interfaz del sistema está organizada de forma clara y comprensible?

Pregunta 8	¿Los datos proporcionados por el sistema son útiles para la planificación o ejecución de otras labores agrícolas relacionadas?
Pregunta 9	¿El diseño visual del sistema es atractivo y favorece la comodidad durante el trabajo diario?
Pregunta 10	¿El sistema puede ser utilizado adecuadamente por usuarios con conocimientos básicos de computación?

**Tabla 40 — Distribución de preguntas de la encuesta**

CARACTERÍSTICA	SUB CARACTERÍSTICA	Nº DE PREGUNTA
Adecuación Funcional	Funcionabilidad	1
		2
Usabilidad	Operatividad	3
		4
	Capacidad de Aprendizaje	5,6
	Capacidad para reconocer su adecuación	7,8
	Estética de la interfaz de usuario	9
Mantenimiento	Accesibilidad y Mantenimiento	10

Con la finalidad de validar la confiabilidad del cuestionario aplicado para evaluar el **Sistema de Control de Riego Automatizado en el cultivo de fresa**, se aplicó la **prueba estadística Alfa de Cronbach**, con el objetivo de medir la consistencia interna de los ítems del instrumento.

El cuestionario estuvo conformado por 10 preguntas, distribuidas en diferentes dimensiones como: funcionalidad, operatividad, facilidad de aprendizaje, presentación de la interfaz, utilidad de la información, estética y accesibilidad. La escala de medición utilizada fue tipo Likert de cinco niveles: Muy baja (1), Baja (2), Mediana (3), Buena (4) y Muy buena (5). La encuesta fue aplicada a una muestra de 4 usuarios del sistema.



Dado que todas las preguntas están orientadas a evaluar un mismo constructo (la percepción funcional y operativa del sistema), es pertinente aplicar la prueba Alfa de Cronbach. Para ello, se transformaron los valores cualitativos en valores numéricos de la siguiente forma:

Categoría	Valor
Muy baja	1
Baja	2
Mediana	3
Buena	4
Muy buena	5

A partir de los datos tabulados de las 10 preguntas y con las respuestas convertidas, se ingresó la información en una matriz de análisis SPSS para calcular el valor del Alfa de Cronbach.

**Tabla 41 — Tabla de resultados de encuestados**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Encuestado1	4	5	3	4	4	4	5	4	5	4
Encuestado2	5	4	3	4	5	3	4	5	3	5
Encuestado3	4	5	4	5	5	3	5	5	4	5
Encuestado4	4	5	4	4	4	4	4	5	5	5

### Resultado del Análisis

El valor obtenido del **Alfa de Cronbach fue de 0.91**, lo que indica una **alta confiabilidad** del instrumento. Según la clasificación de George y Mallery (2003):

- $\alpha \geq 0.9$  = Excelente
- $0.8 \leq \alpha < 0.9$  = Bueno



- $0.7 \leq \alpha < 0.8$  = Aceptable
- $0.6 \leq \alpha < 0.7$  = Cuestionable
- $0.5 \leq \alpha < 0.6$  = Pobre
- $\alpha < 0.5$  = Inaceptable

### **1. Conclusión**

El instrumento de recolección de datos aplicado demuestra una consistencia interna robusta y un elevado nivel de confiabilidad estadística, lo que respalda su validez para medir de manera precisa y objetiva la percepción de los usuarios respecto al funcionamiento del Sistema Automatizado de Riego. En consecuencia, se puede afirmar que los resultados obtenidos a partir de dicho cuestionario poseen solidez metodológica y representatividad empírica, permitiendo su uso con confianza en el desarrollo y las conclusiones de la presente investigación.

**ANEXO 6: BACKLOG DE PRODUCTO - HISTORIAS DE USUARIO**

**Tabla 42 — Historial de usuario 1**

<b>HISTORIAL DE USUARIO: 001</b>	<b>USUARIO: ADMINISTRADOR Y ENCARGADO</b>
<b>NOMBRE DE HISTORIA:</b>	<b>ADMINISTRAR CIRCUITO Y CONTROLES</b>
<b>PRIORIDAD EN NEGOCIO: ALTO</b>	<b>RIESGO DE DESARROLLO: ALTO</b>
<b>ITERACION: 1</b>	
<b>PROGRAMADOR RESPONSABLE: LISBETH YUVITHZA QUISPE CORDOVA</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>COMO:</b> Administrador y encargado
	<b>Quiero:</b> Poder acceder a los datos del circuito y controlar los equipos de manera amigable
	<b>Para:</b> poder saber si están dentro del rango de aceptación de tal modo realizar acciones reformatorias y elevar la producción.
<p>validación: El administrador y encargado a través del interfaz gráfico, estadístico por semana puede acceder a la verificación de la cantidad de agua, según el rango de humedad de suelo, asimismo tiene 3 estados mediante luces led, que son: "verde" indica que esta óptimo de humedad, "naranja" indica que se encuentra en un rango optimo aun, "rojo" indica falta de agua por lo que indica entrada de agua necesaria También se cuenta con un rango grafico de aceptación para mejor toma de decisiones por parte el usuario.</p>	



Tabla 43 — Historial de usuario 2

<b>HISTORIAL DE USUARIO:</b> 002	<b>USUARIO:</b> ADMINISTRADOR Y ENCARGADO
<b>NOMBRE DE HISTORIA:</b>	inicio de sesión y administrar usuario en la interfaz grafica
<b>PRIORIDAD EN NEGOCIO:</b> Medio	<b>RIESGO DE DESARROLLO:</b> Medio
<b>ITERACION:</b> 1	
<b>PROGRAMADOR RESPONSABLE:</b> LISBETH YUVITHZA QUISPE CORDOVA	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>COMO:</b> Administrador
	<b>Quiero:</b> Poder acceder a la interfaz gráfica de tal manera que sea simple.
	<b>Para:</b> Hacer uso del interfaz grafico
<p><b>validación:</b> el usuario designado como administrador puede acceder a la interfaz gráfica, mediante la autenticación con un nombre de usuario y contraseña. Una vez autenticado el usuario puede tener información de todos los datos, de tal modo que pueda verificar y usar dichos datos para la mejor toma de decisión.</p>	



Tabla 44 — Historial de usuario 3

<b>HISTORIAL DE USUARIO:</b> 003	<b>USUARIO:</b> ADMINISTRADOR
<b>NOMBRE DE HISTORIA:</b>	Administrar Reporte
<b>PRIORIDAD EN NEGOCIO:</b> Medio	<b>RIESGO DE DESARROLLO:</b> Medio
<b>ITERACION:</b> 1	
<b>PROGRAMADOR RESPONSABLE:</b> LISBETH YUVITHZA QUISPE CORDOVA	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>COMO:</b> Administrador
	<b>Quiero:</b> Poder acceder a uno o más historial de información que se obtiene de la lectura de sensores involucrados en el circuito para la producción de fresa, eligiendo un rango de fechas o etapas que se quieran saber
	<b>Para:</b> Poder tener la información de cómo ha evolucionado los valores, que estos a su vez no pasan los rangos óptimos según su determinación, respecto a la producción que se tiene en el Fito toldo
<p><b>validación:</b> el administrador puede obtener esta información en la vista de reportes el cual tiene lista de vistas, ventas y estadísticos, y dentro de cada uno están involucrados los sensores para el riego automatizado del cultivo de fresa, seguidamente cada módulo tiene a elegir el rango de fecha o etapas del cultivo de fresa, asimismo verificar la cantidad de agua que se usa en cada etapa y la cantidad de producción que se recoge por semana. Asimismo, podemos observar las comparaciones que se tiene con y sin sistema de riego, en el módulo estadístico, tanto el tiempo y la cantidad de agua usada.</p>	

#### ANEXO 7: SPRINT BACKLOG TAREAS DE HISTORIAS DE USUARIO



**Tabla 45 — Tarea – historial de usuario 1**

Tarea de historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 01	Numero de historia: Hu01
Nombre de la tarea: diseño y creación de circuito para detección de Humedad de suelo	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Diseñar y crear el circuito, con respecto a detectar la humedad del suelo, de modo que podamos obtener la información.	

**Tabla 46 — Tarea – historial de usuario 2**

Tarea de historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 02	Numero de historia: HU01
Nombre de la tarea: Prueba de sensores involucrados para detección de Humedad	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Prueba de sensor de humedad en cada lomada, respecto al rango de aprobación, que oscila entre 65 y 70%.	

**Tabla 47 — Tarea - historial de usuario 3**



Tarea de historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 03	Numero de historia: HU 01
Nombre de la tarea: prueba de actuadores para detección de humedad	
Tipo de tarea: Diseño	
programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Prueba de sensores de humedad y cableado, desde el circuito hasta cada lomada, con respecto a la recopilación de información	

**Tabla 48 — Tarea - historial de usuario 4**

Tarea de historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 04	Numero de historia: HU01
Nombre de la tarea: Implementación en protoboard para la detección de humedad	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador Responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Implementación de sensores y actuadores en la placa protoboard, según el circuito.	



**Tabla 49 — Tarea -historial de usuario 5**

Tarea de historial de usuario HU 001	
Número de tarea: 05	Número de historia: HU01
Nombre de la tarea: Prueba de circuito para la detección de la humedad	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Prueba de circuito implementado sensores y actuadores, entre los actuadores los led naranja, rojo y verde que simbolizan: naranja = regular, Verde= optimo y rojo= muy seco. Según estos rangos la válvula solenoide se abrirá o se cerrará.	

**Tabla 50 — Tarea - historial de usuario 6**

Tarea de Historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 06	Numero de Historia: HU01
Nombre de la tarea: Diseño y creación del circuito para controlar la cantidad de agua.	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Diseñar circuito para el control de agua en cada riego	



**Tabla 51 — Tarea - historial de usuario 7**

Tarea de Historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 07	Numero de Historia: HU01
Nombre de la tarea: Prueba de Sensores involucrados para el control de agua	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Prueba de sensores involucrados, válvula solenoide, y controlador de flujo de agua.	

**Tabla 52 — Tarea - historial de usuario 8**

Tarea de Historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 08	Numero de Historia: HU01
Nombre de la tarea: Prueba de actuadores para el control de agua	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Prueba de sensores involucrados, válvula solenoide, y controlador de flujo de agua.	



**Tabla 53 — Tarea - historial de usuario 9**

Tarea de Historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 09	Numero de Historia: HU01
Nombre de la tarea: Implementación del circuito para el control de agua en el protoboard	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Prueba de sensores involucrados, válvula solenoide, y controlador de flujo de agua.	

**Tabla 54 — Tarea - historial de usuario 10**

Tarea de Historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 10	Numero de Historia: HU01
Nombre de la tarea: Prueba del circuito	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Prueba del circuito completo, sensores actuadores y cableado general.	

**Tabla 55 — Tarea - historial de usuario 11**



Tarea de Historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 11	Numero de Historia: HU01
Nombre de la tarea: Adaptación de los componentes a la placa de circuito para detección de la humedad de suelo	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Implementación del circuito diseñado con las pruebas antes realizadas, sensor de humedad en cada lomada, válvula solenoide en cada lomada, control de flujo de agua y mostrar la información en la pantalla led.	

**Tabla 56 — Tarea - historial de usuario 12**

Tarea de Historial de usuario HU 001	
Numero de tarea: 12	Numero de Historia: HU01
Nombre de la tarea: Prueba de módulo	
Tipo de tarea: Diseño	
Programador responsable: Lisbeth Yuvithza Quispe Córdova	
Descripción: Prueba de todas las conexiones, en cada lomada y verificación de recopilación de datos.	



## ANEXO 8: FOTOS DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL FITOTOLDO.

Para la instalación del fitotoldo (vivero) se realizó diferentes planos antes de remover el terreno, según el área y las diferentes distribuciones de instalación en cuanto a: armado de la estructura del fitotoldo, cubierta de fitotoldo, distribución de las lomadas, instalación de cintas de agua Conexiones de tubo principal dentro de la estructura, Conexión de tubo para cada lomo, Conexión de llaves, Conexión de cintas de agua, Conexión de tubos y captación de agua, Conexión de filtro, Conexión de tanque de agua. A continuación, el detalle:

- **Preparado de lomadas: Plano 2D**

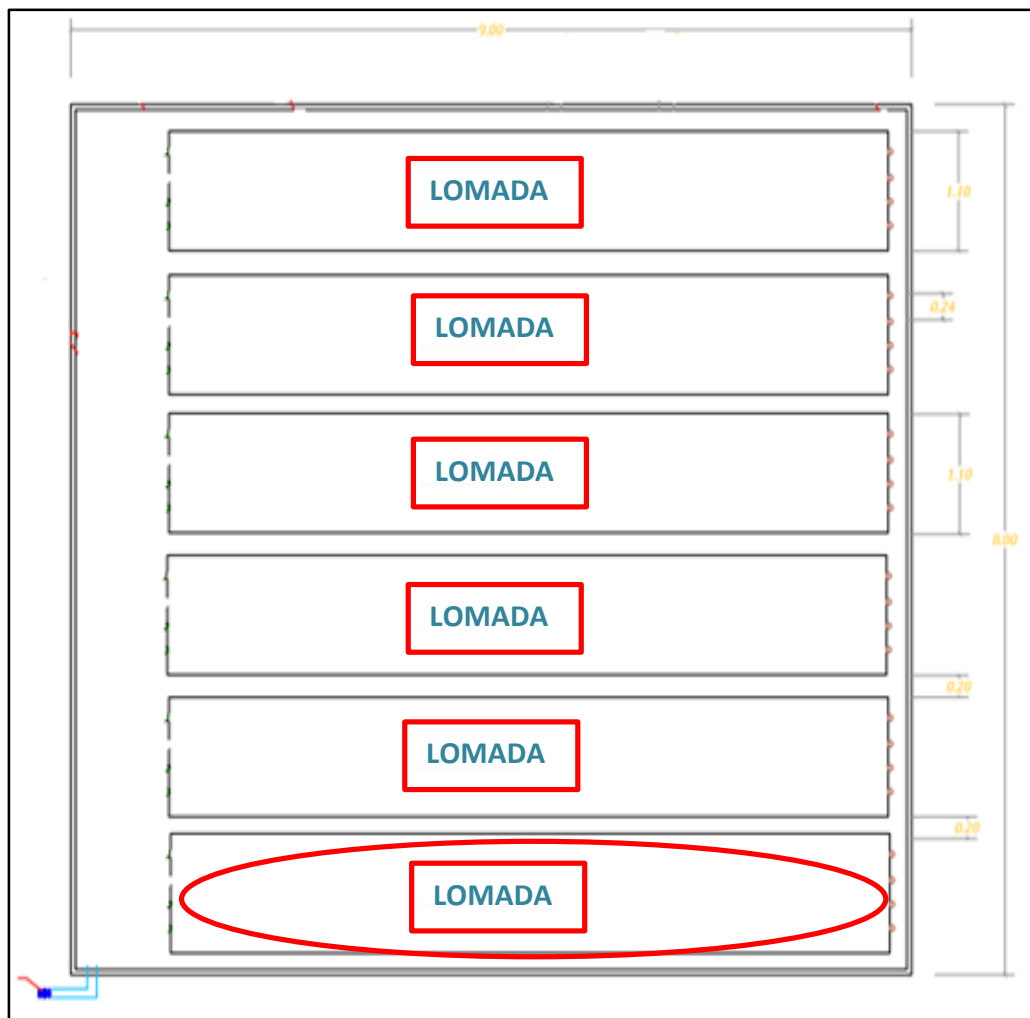


Figura 42 — Lomadas - Plano 2D

- **Plano de Instalación de Cintas de Riego**
  - Conexión de tubo principal y cintas

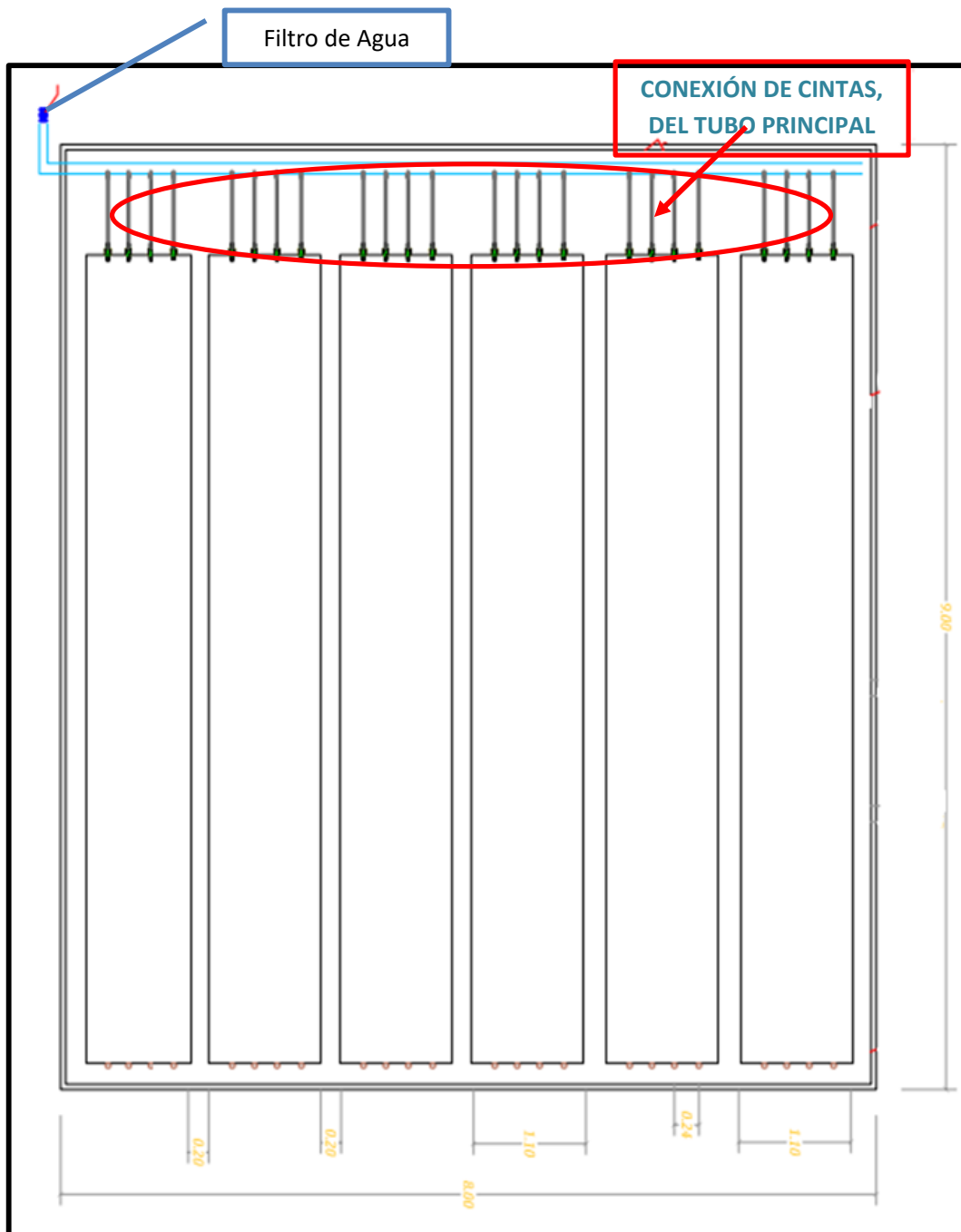
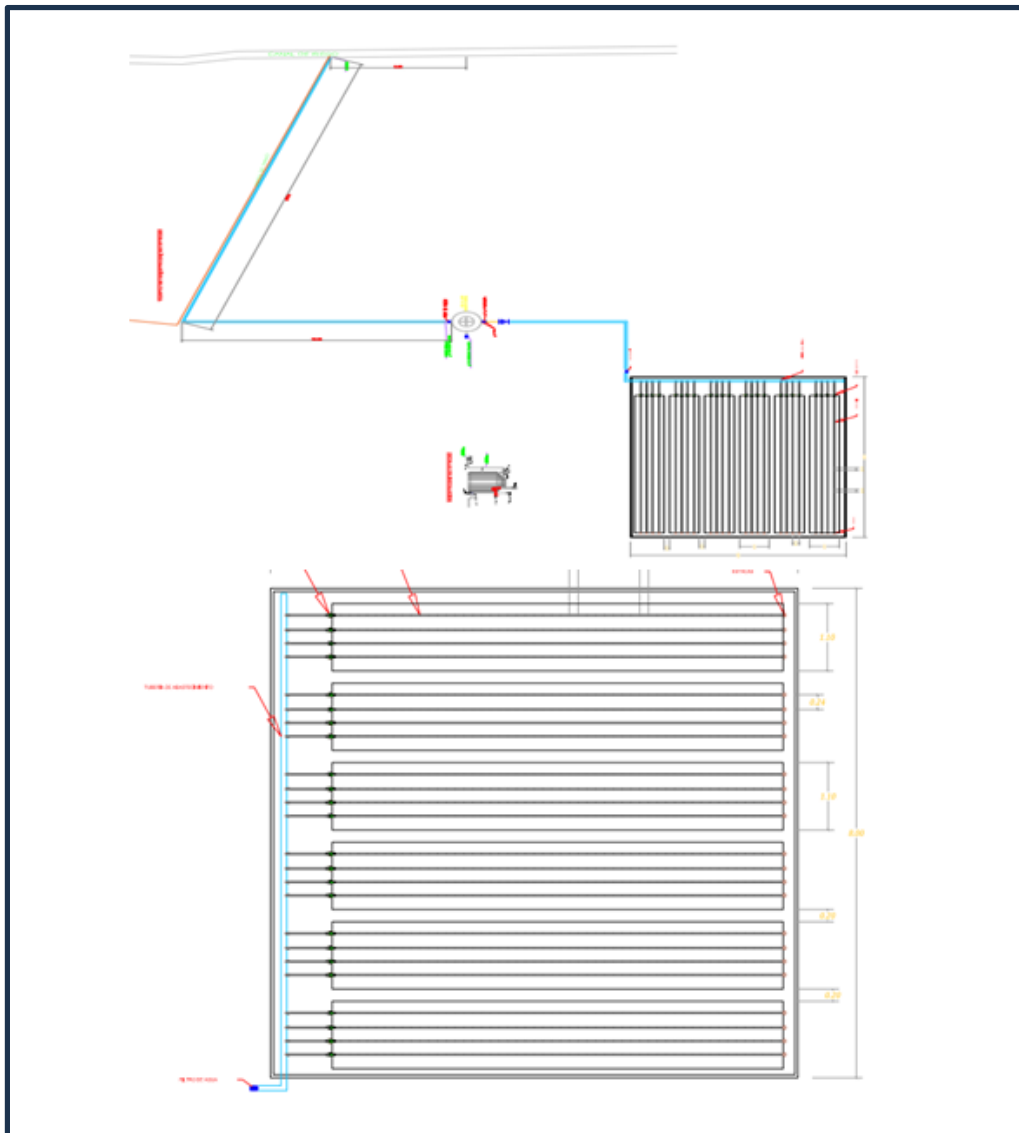


Figura 43 — Instalación de cintas de riego

- **Instalación y conexión de agua**

Conexión dentro de la estructura

- ✓ Conexiones de tubo principal dentro de la estructura
- ✓ Conexión de tubo para cada lomo
- ✓ Conexión de llaves
- ✓ Conexión de cintas de agua



**Figura 44 — Instalación y conexión de agua dentro de la estructura**

- **Conexión fuera de la estructura**
  - ✓ Conexión de tubos y captación de agua
  - ✓ Conexión de filtro
  - ✓ Conexión de tanque de agua

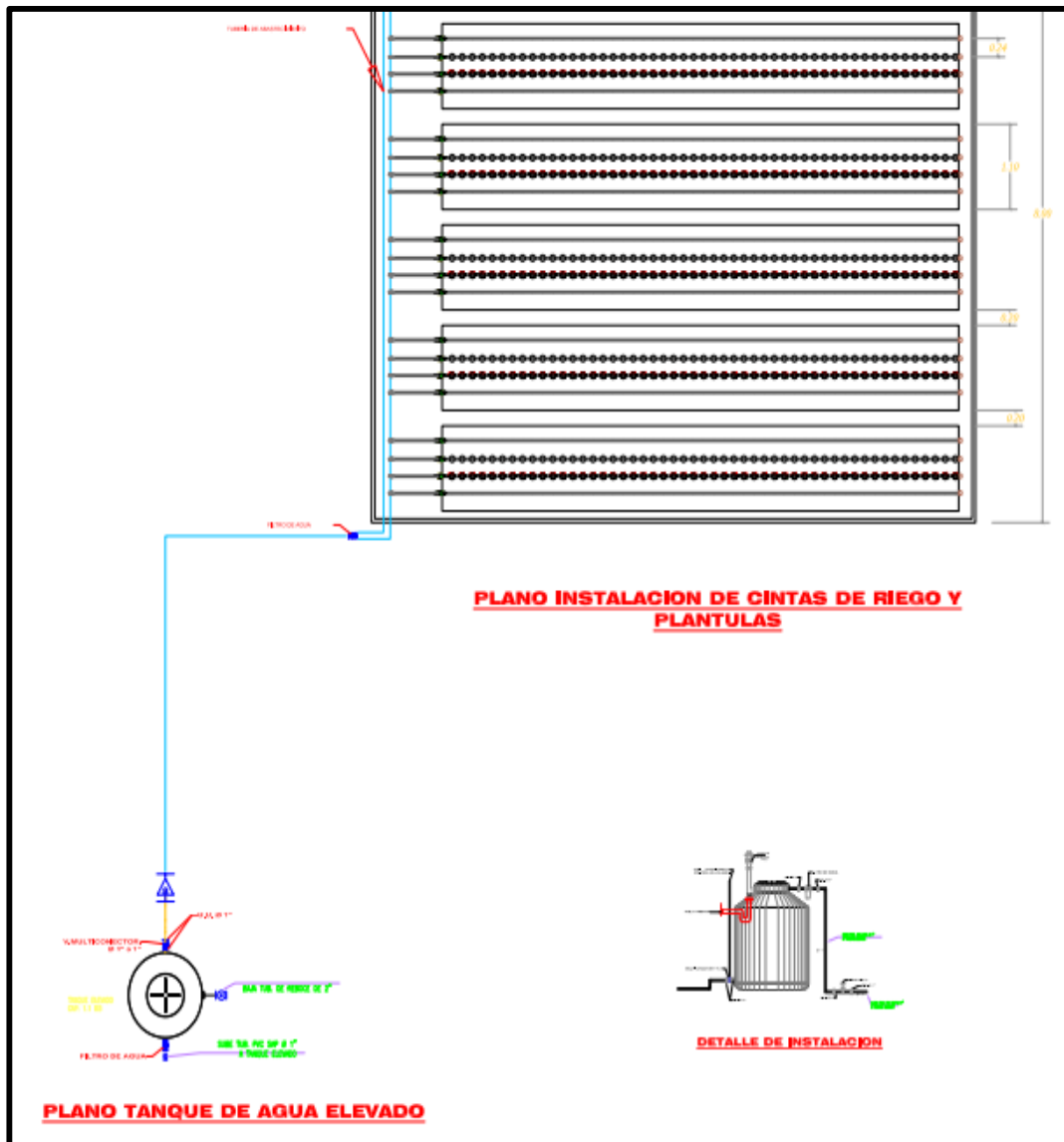


Figura 45 — Instalación y conexión de agua fuera de la estructura

- **Instalación de cubierta de lomadas y fitotoldo**

A. Plano de hoyos en los lomos



**Figura 46 — Plano de hoyos**

B. Cubierta de plástico de cada lomada - Hoyos para las plántulas



**Figura 47 — Cubierta de plástico - hoyos para las plántulas**  
**Fotos del Ciclo de Producción**

- **Siembra**

A. Brotes de las primeras hojas: Las 3 primeras semanas las plantulas van desarrollando y brotando las primeras hojas:



**Figura 48 — Brote de las primeras hojas**

B. Desarrollo de hojas: a partir de la cuarta semana, las hojas se van multiplicando, hasta llegar a la etapa vegetativa.



**Figura 49 — Desarrollo de hojas**

- C. Vegetación: A partir de la octava semana, las hojas son múltiples. Así mismo va apareciendo las primeras flores y los primeros arrastres de las mismas hojas.



**Figura 50 — Vegetación**

- D. Podado de hojas: lo óptimo de cada plántula son de 6 a 8 hojas, para que la producción sea mayor, ya que las hojas antiguas quitan los nutrientes, a las que van brotando y floreciendo.



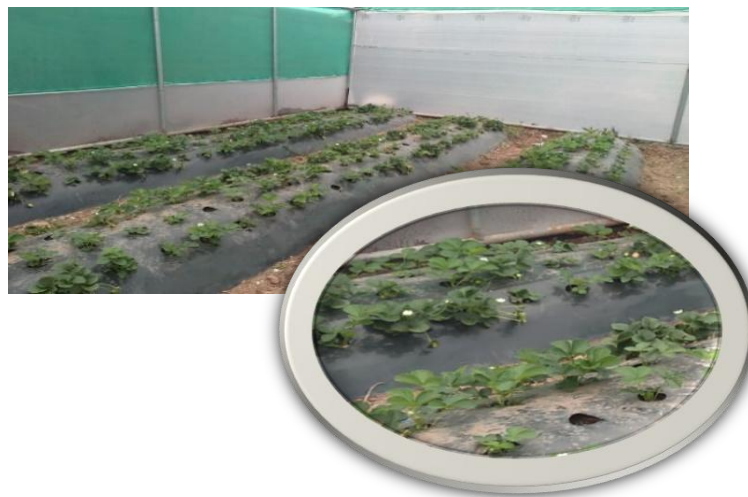
**Figura 51 — Podado de hojas**

- E. Floración de la planta: a partir de la floración de empieza a contar los frutos, de la fresa; esta etapa se conoce también como la etapa reproductiva.



**Figura 52 — floración de planta**

F. Replantado de plántulas, a medida de la producción y la etapa de podaje, muchas plántulas necesitan ser reemplazadas por unas nuevas.



**Figura 53 — Replantado de plántulas**

- G. Limpieza de malas hierbas: entre lomada y lomada, existe un tramo para la circulación del peatón, que naturalmente permanece húmedo por lo que las malas hierbas tienden a desarrollarse, por lo que es necesario la limpieza de estas.



**Figura 54 — Limpieza de malas hierbas**

- H. Primeras yemas productivas: después de la floración, se va formando el fruto



**Figura 55 — Podado de hojas**

- I. Brote de estolones: son guías de reproducción, buscando ser plántulas nuevas.



**Figura 56 — Brote de estolones**

- J. Aparición de primeros frutos, llegando al proceso de maduración de los primeros frutos



**Figura 57 — Primeros frutos**

K. frutos



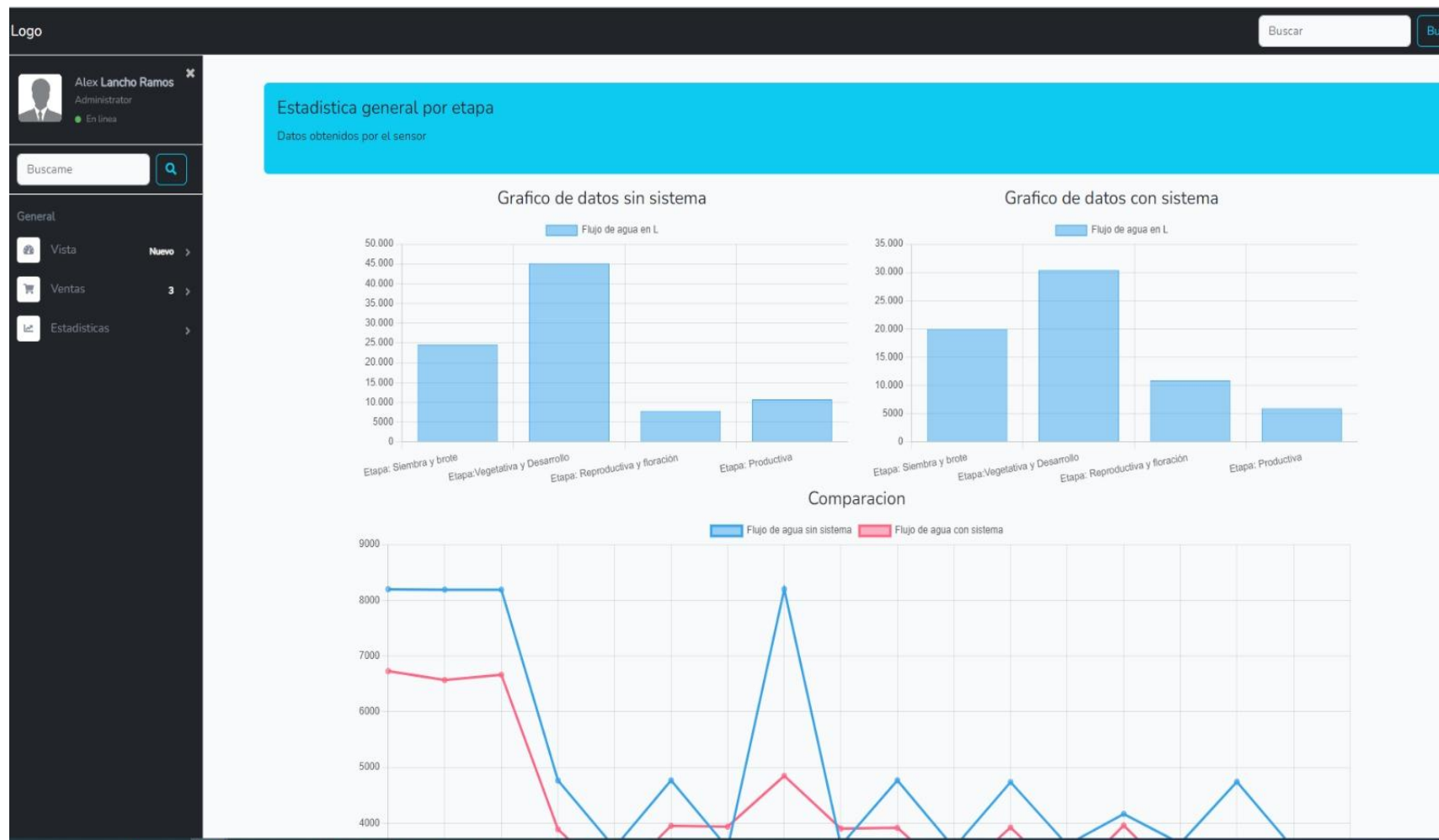
**Figura 58 — Frutos para cosecha**

L. Cosecha



**Figura 59 — frutos cosechados**

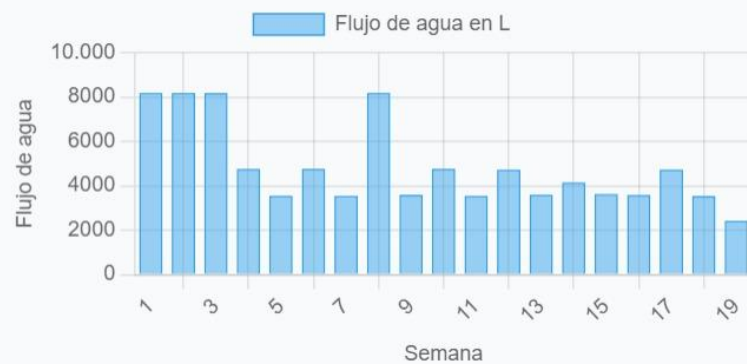
### ANEXO 9: INTERFAZ GRÁFICA



## Estadística general por semana

Datos obtenidos por el sensor

### Grafico de datos sin sistema



### Grafico de datos con sistema

