



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES E
INFORMÁTICOS**

Tema:

DESARROLLO DE UN SISTEMA INFORMATICO PARA LA
AUTOMATIZACIÓN DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN LA CIUDAD DE
AMBATO

Trabajo de Graduación. Modalidad, Proyecto de investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniera en Sistemas Computacionales e Informáticos.

ÁREA: Software

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Desarrollo de Software

AUTOR: Iveth Cristina Barros Manzano

TUTOR: Phd. Félix Oscar Fernández Peña

Ambato – Ecuador

septiembre 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: DESARROLLO DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN LA CIUDAD DE AMBATO, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita Iveth Cristina Barros Manzano, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informáticos, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que la estudiante ha sido tutorada durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, septiembre 2021.

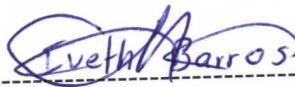
Phd. Félix Oscar Fernández Peña

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: DESARROLLO DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN LA CIUDAD DE AMBATO es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, septiembre 2021.



Iveth Cristina Barros Manzano

C.C: 1804783619

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señorita Iveth Cristina Barros Manzano, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informáticos, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado **DESARROLLO DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN LA CIUDAD DE AMBATO**, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, septiembre 2021.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. David Guevara
PROFESOR CALIFICADOR

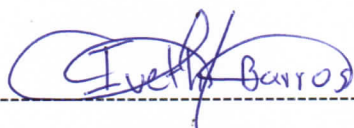
Ing. Franklin Mayorga
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, septiembre 2021.



Iveth Cristina Barros Manzano

C.C: 1804783619

AUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios quien me guió por el buen camino y me dio fuerzas para seguir adelante.

A mis padres por su apoyo, consejos, amor, ayuda en los momentos difíciles y en especial por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y culminar la carrera.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios que siempre me iluminó, me dio salud y me bendijo para que pudiera superar todas las dificultades durante toda la carrera.

A mi familia que siempre han estado a mi lado mostrando su amor y alentándome para hacer realidad este sueño.

También agradezco a mi tutor Félix Fernández por el apoyo brindado.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

| | |
|--|-------|
| Aprobación del Tutor | II |
| Auditoría del trabajo de titulación | III |
| Aprobación del Tribunal de grado | IV |
| Derechos de Autor | V |
| Dedicatoria | VI |
| Agradecimiento | VII |
| Índice general de contenidos | VIII |
| Índice de tablas | XII |
| Índice de figuras | XIV |
| Índice de fórmulas | XVI |
| Resumen ejecutivo | XVII |
| Abstract | XVIII |
| Introducción | 1 |
| CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO | |
| 1.1 Tema de Investigación | 2 |
| 1.2 Antecedentes Investigativos | 2 |
| - Contextualización del problema..... | 4 |
| - Fundamentación teórica | 6 |
| - Sistema Eléctrico | 6 |
| - Sensores | 6 |
| - Controlador | 7 |
| - Placa Arduino Uno | 7 |
| - Raspberry pi | 8 |
| - Placa Esp8266 NODEMCU | 9 |
| - Internet de las cosas (IoT) | 9 |
| - Hidroponía | 10 |

| | |
|--|----|
| - Calidad de los cultivos | 11 |
| - Desarrollo de cultivos hidropónicos..... | 12 |
| - Solución nutritiva y PH..... | 12 |
| - Sistemas Hidropónicos..... | 13 |
| ▪ Sistemas activos | 13 |
| ▪ Sistemas pasivos..... | 13 |
| - Lenguaje de programación | 14 |
| ▪ Python | 14 |
| ▪ JavaScript | 14 |
| ▪ Jinja2 | 15 |
| - Base de datos..... | 15 |
| ▪ MariaDB..... | 15 |
| ▪ Software..... | 16 |
| - Frameworks y Librerías | 18 |
| ▪ Flask..... | 18 |
| ▪ Chartist | 19 |
| - Metodologías..... | 19 |
| ▪ Metodología XP (Extreme Programming) | 20 |
| ▪ Ventajas de la programación extrema..... | 23 |
| ▪ Aplicación de la programación extrema..... | 24 |
| ▪ Metodología Kanban | 24 |
| ▪ Ventajas de la metodología Kanban | 26 |
| ▪ Aplicación de la metodología Kanban | 28 |
| 1.3 Objetivos..... | 32 |
| - Objetivo general..... | 32 |
| - Objetivos específicos | 32 |

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

| | |
|--------------------------------------|----|
| 2.1 Materiales | 33 |
| 2.2 Métodos | 33 |
| - Modalidad de la Investigación..... | 33 |
| - Población y Muestra..... | 34 |

| | |
|---|----|
| - Procesamiento y Análisis de Datos | 35 |
|---|----|

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|----|
| 3.1 Análisis y discusión de resultados | 42 |
| - Desarrollo de la propuesta | 43 |
| - Sistemas mecánicos | 43 |
| - Sistemas automáticos | 43 |
| - Controladores del sistema | 43 |
| - Sensores y actuadores | 45 |
| - Software | 46 |
| - Planificación del proyecto | 46 |
| - Historias de usuario | 47 |
| - Fase de Iteraciones | 51 |
| - Diseño del sistema | 58 |
| ▪ Caso de uso | 58 |
| ▪ Diagrama de clases | 59 |
| ▪ Diagrama de actividades | 60 |
| - Desarrollo del sistema | 61 |
| - Diagrama de flujo de datos | 63 |
| - Diseño de la arquitectura | 64 |
| ▪ Hardware | 65 |
| ▪ Software | 67 |
| ▪ Arquitectura de la solución | 69 |
| ▪ Desarrollo de la interfaz web | 71 |
| ▪ Descripción del proceso automatizado | 75 |
| ▪ Descripción del proceso manual | 76 |
| - Materiales y costo | 76 |
| - Pruebas | 78 |

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|---------------------------|----|
| 4.1 Conclusiones | 83 |
| 4.2 Recomendaciones | 84 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| Bibliografia | 85 |
|---------------------------|-----------|

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Comparación de herramientas de software | 16 |
| Tabla 2. Selección de metodología..... | 29 |
| Tabla 3. Análisis de sistemas hidropónicos Automatizados | 31 |
| Tabla 4. Representativa de humedades que soporta una planta | 38 |
| Tabla 5. Mediciones obtenidas en una semana de prueba | 40 |
| Tabla 6. Selección de controlador del sistema..... | 44 |
| Tabla 7. Historia de usuario 1 | 47 |
| Tabla 8. Historia de usuario 2 | 47 |
| Tabla 9. Historia de usuario 3 | 48 |
| Tabla 10. Historia de usuario 4 | 48 |
| Tabla 11. Historia de usuario 5 | 49 |
| Tabla 12. Historia de usuario 6 | 49 |
| Tabla 13. Historia de usuario 7 | 50 |
| Tabla 14. Historia de usuario 8 | 50 |
| Tabla 15. Historia de usuario 9 | 51 |
| Tabla 16. Equipos integrantes y Roles..... | 51 |
| Tabla 17. Tarea iteración 1 | 52 |
| Tabla 18. Tarea iteración 2. | 52 |
| Tabla 19. Tarea iteración 3 | 52 |
| Tabla 20. Tarea iteración 4 | 53 |
| Tabla 21. Tarea iteración 5 | 53 |
| Tabla 22. Tarea iteración 6 | 54 |
| Tabla 23. Tarea iteración 7 | 54 |
| Tabla 24. Tarea iteración 8 | 55 |
| Tabla 25. Tarea iteración 9 | 55 |
| Tabla 26. Tarea iteración 10..... | 56 |
| Tabla 27. Tarea iteración 11..... | 56 |

| | |
|--|----|
| Tabla 28. Tarea iteración 12 | 57 |
| Tabla 29. Materiales y costo | 76 |
| Tabla 30. Prueba de aceptación 1 | 78 |
| Tabla 31. Prueba de aceptación 2 | 78 |
| Tabla 32. Prueba de aceptación 3 | 79 |
| Tabla 33. Prueba de aceptación 4 | 79 |
| Tabla 34. Prueba de aceptación 5 | 80 |
| Tabla 35. Prueba de aceptación 6 | 80 |
| Tabla 36. Prueba de aceptación 7 | 81 |
| Tabla 37. Prueba de aceptación 8 | 81 |
| Tabla 38. Prueba de aceptación 9 | 82 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama de un circuito básico | 6 |
| Figura 2. Sensores de humedad y PH | 7 |
| Figura 3. Módulo Relé..... | 7 |
| Figura 4. Diagrama de un circuito con Arduino | 8 |
| Figura 5. Tarjeta electrónica Raspberry Pi..... | 8 |
| Figura 6. Tarjeta electrónica NodeCum..... | 9 |
| Figura 7. Estructura de un sistema IOT | 10 |
| Figura 8. Sistema hidropónico aplicación vertical..... | 11 |
| Figura 9. Sistema hidropónico aplicación flotante..... | 11 |
| Figura 10. Sistema hidropónico aplicación casera..... | 12 |
| Figura 11. Soluciones nutritivas | 13 |
| Figura 12. Estructura básica de un sistema hidropónico | 13 |
| Figura 13. Lenguaje de programación Python..... | 14 |
| Figura 14. Lenguaje de programación web JavaScript | 15 |
| Figura 15. Librería propia de Python – Jinja2 | 15 |
| Figura 16. Motor de Base de Datos Maria DB | 16 |
| Figura 17. Librería propia de Python - Flask..... | 19 |
| Figura 18. Proceso de la metodología XP | 21 |
| Figura 19. Proceso de la metodología Kanban | 26 |
| Figura 20. Diagrama de caso de uso..... | 58 |
| Figura 21. Diagrama de clases | 59 |
| Figura 22. Diagrama de actividades | 60 |
| Figura 23. Diagrama de flujo de datos..... | 63 |
| Figura 24. Arquitectura del sistema | 64 |
| Figura 25. Componentes electrónicos de sistema | 66 |
| Figura 26. Componentes del sistema colocados en maqueta..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura 27. Componentes del sistema Sensor de humedad | 66 |
| Figura 28. Arquitectura de software de la solución propuesta..... | 70 |
| Figura 29. Interfaz de ingreso a la aplicación web..... | 71 |
| Figura 30. Interfaz recuperación de contraseña | 72 |
| Figura 31. Interfaz Restablecer nueva contraseña | 72 |
| Figura 32. Vista general de la interfaz | 73 |
| Figura 33. Interfaz de servicios | 73 |
| Figura 34. Interfaz gráfica PH | 74 |
| Figura 35. Interfaz gráfica porcentaje de agua | 74 |
| Figura 36. Interfaz gráfica humedad superior..... | 75 |
| Figura 37. Interfaz gráfica humedad inferior..... | 75 |

ÍNDICE DE FORMULAS

| | |
|---|----|
| Fórmula 1. Fórmula para conversión de ser una señal a voltaje | 37 |
| Fórmula 2. Fórmula para calculó de voltaje a escala de PH | 37 |
| Fórmula 3. Fórmula para obtención de la humedad en porcentaje | 38 |
| Fórmula 4. Fórmula para calculó de la distancia | 39 |
| Fórmula 5. Fórmula para calculó del volumen en litros | 39 |

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene como meta ayudar al sector agrícola facilitando el uso de tecnología de bajo costo para la automatización de su producción. Con la presente investigación se pretende dar un aporte tecnológico para la actualización de los métodos de cultivo existentes, reduciendo la atención necesaria para el cultivo de alimentos y maximizando la producción garantizando una alta calidad en los productos, a su vez facilitando la implementación de este tipo de tecnologías debido a su desarrollo con componentes de bajo costo.

El presente proyecto tiene afinidad práctica en las áreas de Ingeniería en Sistemas, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Agrícola debido a que por medio de la conexión de componentes electrónicos se puede realizar mediciones que permiten obtener un panorama general del estado de los cultivos, las mismas que a través de un software desarrollado pueden ser visualizadas a través de un sitio web que puede alojarse en un servidor desde el cual se pueden ver las interacciones que tiene el sistema. De esta manera se pretende garantizar el óptimo desarrollo de un cultivo controlado con parámetros adecuados.

La presente solución está basada en la línea de investigación de Desarrollo de Software, la cual tiene como base el desarrollo de un sistema. En este caso en particular se desarrolló un sitio capaz de recibir información de medidas obtenidos por componentes electrónicos para ser visualizados con eventos que permiten el control de riego dentro de un sistema hidropónico.

Los principales beneficiarios de este proyecto son las personas dentro del sector agro productor, debido a que por el bajo costo de desarrollo lo pueden tomar de ayuda para optimizar sus métodos de cultivos actuales.

Palabras Claves: Hidroponía, cultivos hidropónicos, soluciones nutritivas, PH, Sistemas de monitoreo y control.

ABSTRACT

This research aims to help the agricultural sector by facilitating the use of low-cost technology for the automation of its production. This research aims to provide a technological contribution to the updating of existing cultivation methods, reducing the attention needed for the cultivation of food and maximizing production by ensuring high quality in products, in turn facilitating the implementation of this type of technologies due their development with low-cost components.

The present project has a practical affinity in the areas of Systems Engineering, Electronic Engineering and Agricultural Engineering because through the connection of electronic components can be made measurements that allow to obtain a general overview of state of the crops, the same ones that through a developed software can be visualized through a website that can be hosted on a server from which you can see the interactions that the system has. Thus, ensuring the optimal development of a crop with adequate parameters.

This solution is based on the research line of Software Development, which is based on the development of a system, in this particular case a site was developed capable of receiving information on measurements obtained by electronic components to be visualized with events that allow the control of these.

The main beneficiaries of this project are the people within the agro-producing sector, because of the low cost of development they can take it as a help to optimize their current farming methods.

Keywords: Hydroponics, hydroponic crops, nutrient solutions, PH, Monitoring and control systems.

Introducción

La presente investigación está basada en los sistemas de automatización aplicados a el manejo de cultivos hidropónicos, el cual tiene como objetivo brindar la posibilidad de monitorear los parámetros que intervienen dentro del sistema y a su vez permitir realizar acciones ya sea de manera manual o automática en base a dichos parámetros consiguiendo así reducir el tiempo necesario que un productor debe invertir para obtener productos de calidad.

La característica principal de este tipo de sistemas es que permiten obtener un producto final de calidad reduciendo las intervenciones humanas necesarias para un correcto desarrollo de las plantas minimizando así los costos de producción.

La principal problemática de no utilizar este tipo de tecnologías es el costo de adquisición. Los costos de las tecnologías existentes en el mercado son sumamente elevados basado en los beneficios que aportan, en su gran mayoría los sistemas usados son los que brindan la funcionalidad de visualizar los parámetros que se están manejando dentro del sistema, pero no permiten realizar acciones basadas en las mismas por lo cual el usuario siempre tiene que intervenir físicamente durante todo el proceso de cultivo.

La motivación para el desarrollo de este proyecto fue el aportar a la comunidad una manera eficiente y económica de automatizar su manera de cultivar, teniendo en cuenta las necesidades y las limitaciones económicas del sector agrícola en general.

Los sistemas automatizados basados en cultivos hidropónicos tienen un planteamiento futurista de implementación debido a que pueden ser aplicados tanto a pequeña como gran escala independientemente de la ubicación o condiciones climáticas en la cual se la quiera implementar. Es una idea que puede ayudar a mejorar la producción de los cultivos y reducir el costo de cuidados siendo implementada a gran escala o permitiendo a personas comunes cultivar sus propios alimentos de una manera económica sin necesidad de un gran espacio físico.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de Investigación

“DESARROLLO DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN LA CIUDAD DE AMBATO”

1.2 Antecedentes Investigativos

A través de una búsqueda exhaustiva en diversos repositorios tanto nacionales como internacionales se consiguió recopilar trabajos con información clave que ayudó con el desarrollo de este proyecto. Después de revisar varios trabajos en el Repositorio de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informáticos, se pudo confirmar que no existen trabajos de investigación relacionado con el tema de la presente investigación.

Como primer antecedente se tomó el trabajo realizado por el ingeniero Rubio Mena en el año 2017. En dicho trabajo se menciona la estructura correcta que debe poseer la codificación para gestionar los sensores a través de una placa Arduino Uno. También menciona la manera más adecuada para la distribución de los diferentes tipos de sensores para que no tengan interferencias ambientales al momento de su funcionamiento [1].

Este primer antecedente fue de utilidad para definir los sensores necesarios que se utilizaron para los diferentes tipos de mediciones. Teniendo en cuenta sus características, se estructuró su distribución dentro de la maqueta.

Como segundo antecedente fue tomado el trabajo de titulación desarrollado por los ingenieros Kevin Bedón y Andrea Tovar que trata solo la utilización de un sistema electrónico para el monitoreo y control automatizado en la producción de hortalizas. En ese trabajo se mencionan los beneficios que conlleva automatizar este tipo de producciones. Entre los más puntuales se encuentran los de la optimización de tiempo y recursos. En ese trabajo también se resalta la tecnología más útil y económica que se puede utilizar para una automatización; en este caso es una tarjeta Arduino Uno, de

igual manera considera como la mejor opción para el monitoreo de los valores censados una plataforma web [2].

Tomando como base las consideraciones de este antecedente se definió que la mejor opción para el desarrollo de este proyecto sería una tarjeta Arduino Uno debido a su amplia compatibilidad con diversos tipos de sensores de bajo costo en el mercado, así como por la ya existente información sobre las configuraciones para la toma de datos, de igual manera tomando en cuenta la recomendación se decidió optar por la utilización de un Raspberry Pi para el almacenamiento de los datos tomados por los sensores, consiguiendo así una visualización a través de una página web local.

Como tercer antecedente se tomó el artículo desarrollado por el ingeniero Faheemah J. y el Dr. John Dhanaseely en el cual relatan los beneficios de la utilización de una tarjeta Arduino para el desarrollo de un sistema automatizado para el cultivo hidropónico, en este presentan este tipo de tecnología como un modelo alternativo para la automatización de un cultivo. También aclaran que es una alternativa más económica y eficiente que puede ser utilizada en la agricultura en comparación con otros tipos de tecnologías que son mucho más costosas, tanto para su adquisición como para su implementación [3].

Con este artículo quedó puntualizada la ventaja de la utilización de este tipo de tecnologías para el desarrollo del sistema automatizado tomando como referencia el costo beneficio que conlleva.

Como cuarto antecedente se tomó el trabajo de los ingenieros de la Facultad de Ciencias y Tecnología Industrial en el cual relatan los beneficios la utilización de la tecnología Internet de las cosas (IOT) en el ámbito agrícola[4]. En este aclaran que este tipo de tecnologías permiten un mejor control y monitoreo en las diferentes etapas de crecimiento por las cuales pasan los cultivos en un invernadero hidropónico de bajo costo. Una de las características fundamentales de este tipo de tecnologías es su funcionalidad de manera inalámbrica y a través de dispositivos móviles.

Tomando como base esta investigación se optó por el uso de tecnología inalámbrica para la transmisión de los datos censados, así como para su visualización a modo de monitoreo y control, razón por la cual se desarrolló una página web desde la cual se puede controlar y monitorear el sistema [4].

Como último antecedente se tomó el artículo desarrollado por los ingenieros Mayuri Grace, Anjaly Mohanan y Amina KA; en este tratan sobre la tecnología GSM y las ventajas que conlleva su utilización debido a su capacidad para transmitir y recibir información sin pérdidas, razón por la cual la hace una de las tecnologías más adecuadas para ser utilizada con el objetivo de mejorar el rendimiento de los cultivos. Los parámetros fundamentales y de más peso dentro de un cultivo son tomados a través de sensores los cuales son procesados con ayuda de una tarjeta Arduino y enviados a un servidor por medio de un módulo wifi. Con esto se consigue notificar al agricultor de manera remota sobre el estado de los cultivos reduciendo así el esfuerzo físico necesario para la mantención de un cultivo [5].

Con ayuda de este artículo se determinó la estructura que llevaría el sistema partiendo desde los sensores los cuales permitirán conocer el estado físico de los cultivos a manera de parámetros los cuales serán procesados a través de una tarjeta Arduino la cual contendrá el código necesario para el funcionamiento de los mismos. Estos datos son enviados a través de un módulo wifi hacia el servidor desde el cual están disponibles de manera local para su visualización en tiempo real a través de una página web simple que puede ser abierta desde cualquier navegador.

1.2.1 Contextualización del problema

A nivel mundial, el uso de estructuras automatizadas para el cultivo de plantas es una buena práctica que busca controlar y minimizar los factores que afectan al cultivo dentro de un área específica, y así favorecer la diversidad natural dentro de distintos ecosistemas. Con este método es posible introducir y cultivar plantas no autóctonas dentro de otros entornos. Brinda la posibilidad de optimizar mejor los espacios y simplifica los problemas más comunes suscitados en el cultivo tradicional [6].

En América Latina, multitud de estudios señalan que la producción de cultivos hidropónicos controlados por sistemas automatizados es realmente beneficiosa. Esto se debe a que permite regular su crecimiento, teniendo un mayor control sobre los factores que influyen en el correcto desarrollo de la planta. Además, se asegura un mejor control y un mayor ahorro.

Es de especial mención, que, en Ecuador, el cultivo bajo invernadero ha ido incrementando en las últimas décadas, siendo reducidos significativamente los

métodos de plantación clásica y desembocando en un mayor desarrollo en cuanto a la tecnología de invernaderos para la producción de cultivos. Gracias a ello, se ha conseguido elevar la producción y aumentar la eficiencia de los procesos, mejorando las condiciones de trabajo.

En el caso de la ciudad de Ambato, el control de los factores físicos tales como humedad, agua, pH, EC (Conductividad Eléctrica) y nutrientes en la hidroponía se confía en el conocimiento y experiencia del agricultor, pues es verdad que este sistema permite un mejor desarrollo en las plantaciones, pero también es cierto que necesita de una mayor atención que el cultivo en el suelo. La hidroponía al ser una tecnología poco utilizada presenta una reducida población con conocimiento amplio sobre esta y esto es una desventaja ya que no se pueden saltar actividades y se debe hacer énfasis en muchos aspectos más. Un cambio de pH o concentraciones de nutrientes pueden ser fatales para los cultivos.

Se debe entender que, en este sistema, la programación de los tiempos debe ser exacta a la hora de realizar el riego. La solución nutritiva debe estar en balance y este equilibrio se puede perder de un día al otro, por lo que la hidroponía es un trabajo de tiempo completo.

Los sistemas hidropónicos automatizados actualmente en el mercado son muy costosos o no controlan todos los factores necesarios para un crecimiento saludable de cultivo.

El estudio de nuevas tecnologías de bajo costo para la automatización de cultivos hidropónicos posibilita el control óptimo de los factores que afecta a las plantas y ayuda a optimizar el crecimiento de la producción reduciendo notablemente el esfuerzo requerido en la supervisión de las plantaciones. Esto genera a su vez disminución de costos lo cual es una mejora significativamente a la economía de los agricultores.

Si la presente investigación no se realizara, las personas del sector agrícola se verían imposibilitadas de automatizar su producción hidropónica debido a los altos costos de las tecnologías, así como de las implementaciones presentes actualmente en el mercado.

Por esta razón, se considera que el desarrollo de esta investigación ayudaría al sector agrícola con su automatización con precios más accesibles que los disponibles en el actual mercado. En la implementación del sistema informático automatizado se emplea diferentes componentes de hardware y software de uso libre, con el fin de abaratar costos.

1.2.2 Fundamentación teórica

Sistema Eléctrico

Un sistema eléctrico comprende un conjunto de componentes eléctricos que transportan o generan señales electrónicas. Este sistema básicamente consta de tres etapas entrada, proceso y salida como se muestra en la Figura 1.

Las entradas se encargan de tomar las señales del mundo físico y convertirlos en corrientes o voltajes, la etapa de procesos se encarga de interpretar y gestionar las señales recopiladas por las entradas y finalmente las salidas transforman la corriente o voltaje en señales físicas [7].

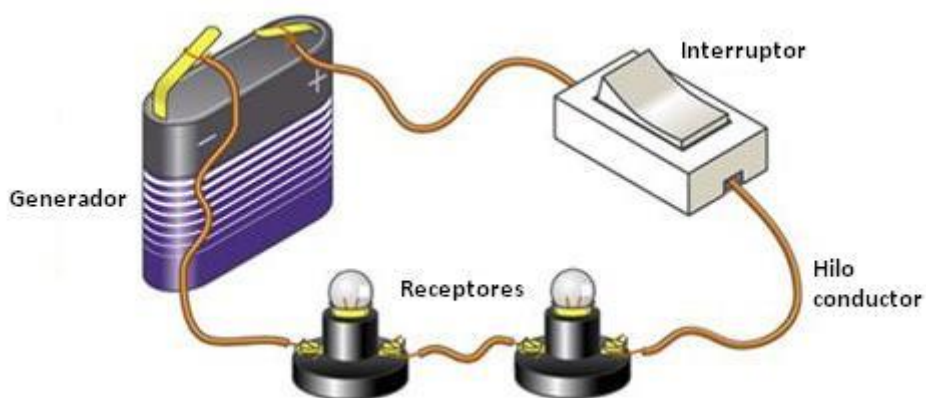


Figura 1. Diagrama de un circuito básico[8]

Sensores

Los sensores son dispositivos electrónicos con la capacidad de captar magnitudes del medio y transformarlas en otras magnitudes electrónicas las cuales a través de controladores como el Arduino pueden ser interpretadas para el entendimiento humano, por medio de dichos controladores pueden ser cuantificados y manipulados[9].

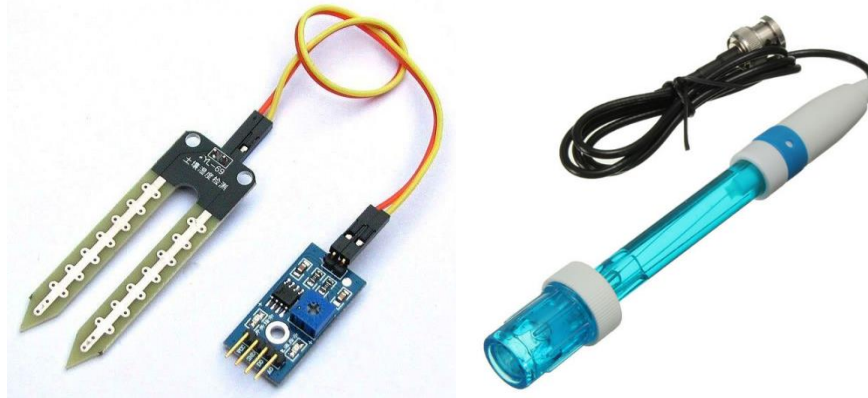


Figura 2. Sensores de humedad y PH [9]

Controlador

Los controladores son pequeños sistemas inteligentes con el propósito de establecer un control sobre un conjunto de dispositivos. La función de control consiste en permitir la entrada y salida del paso de energía eléctrica al equipo o parte de este, reduciendo la posibilidad de fallos y obtener un resultado óptimo [10].



Figura 3. Módulo de relé[11]

Placa Arduino Uno

Es una placa eléctrica de circuito programable de código abierto que se puede integrar en una amplia variedad de proyectos automatizados tanto simples como complejos. La placa contiene un microcontrolador de entradas y salidas digitales que se puede programar para detectar y controlar objetos en el mundo físico como LED, motores y pantallas. Dado a su flexibilidad y bajo costo, la placa Arduino se ha convertido en una opción muy popular para los desarrolladores que buscan crear proyectos dinámicos e interactivo[12].

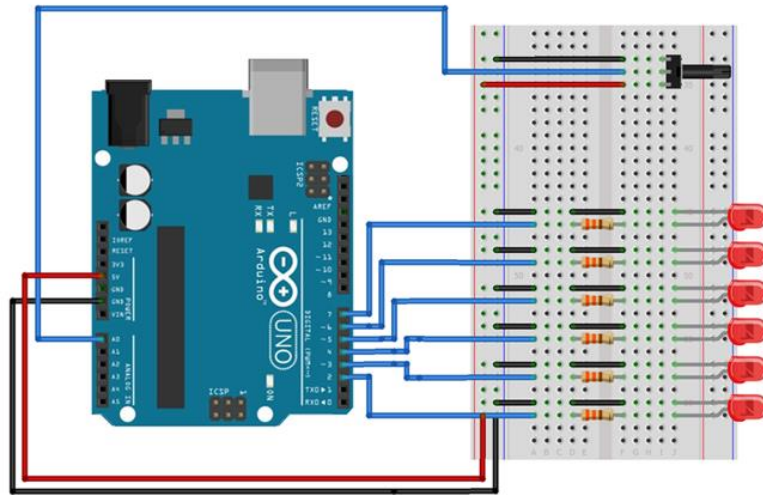


Figura 4. Diagrama de un circuito con Arduino [13]

Raspberry pi

La Raspberry pi es una minicomputadora de bajo costo que trabaja con software libre, proporciona un conjunto de pines GPIO (entradas y salidas digitales de propósito general) que permiten controlar componentes eléctricos. Utilizada para construir proyectos de hardware, domótica, aplicaciones industriales e incluso usarlo para explorar el Internet de las cosas (IoT) [14].



Figura 5. Tarjeta electrónica Raspberry Pi [15]

Placa Esp8266 NODEMCU

La placa de desarrollo Esp8266 posee un microcontrolador que permite realizar una configuración a la vez que almacena información a la cual se puede acceder a través de su wifi y bluetooth incorporados, este tipo de tarjetas son comúnmente utilizados para los proyectos de IoT debido a las funcionalidades que aporta con sus configuraciones. Este tipo de tarjetas posee compatibilidad con el entorno de programación Arduino razón por la cual son fáciles de configurar y con respecto a su precio aportan grandes beneficios y funcionalidades al ser utilizadas [16].

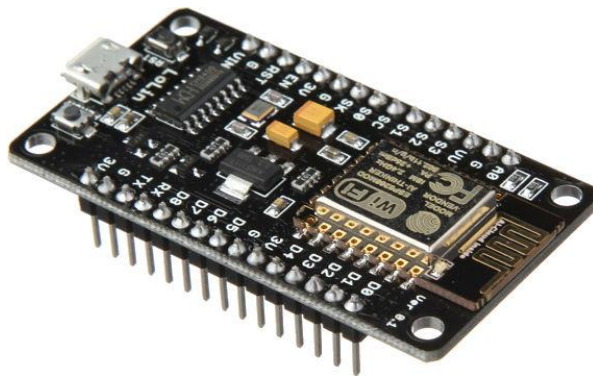


Figura 6. Tarjeta electrónica NodeCum [16]

Internet de las cosas (IoT)

El IOT hace referencia, a una tecnología basada en que cualquier dispositivo electrónico puede conectarse a Internet. Los dispositivos conectados a través de una red pueden recopilar e intercambiar datos. Donde estos datos se convierten en información que ayuda a los clientes a hacer las cosas más fáciles, rápido o efectiva. El Iot nace con el propósito de ayudar a las personas a realizar tareas cotidianas a través de un dispositivo de control, los beneficios que aporta es la gran variabilidad de sus aplicaciones debido a que se puede configurar para controlar todos los equipos electrónicos que posean una conexión a la red[17].

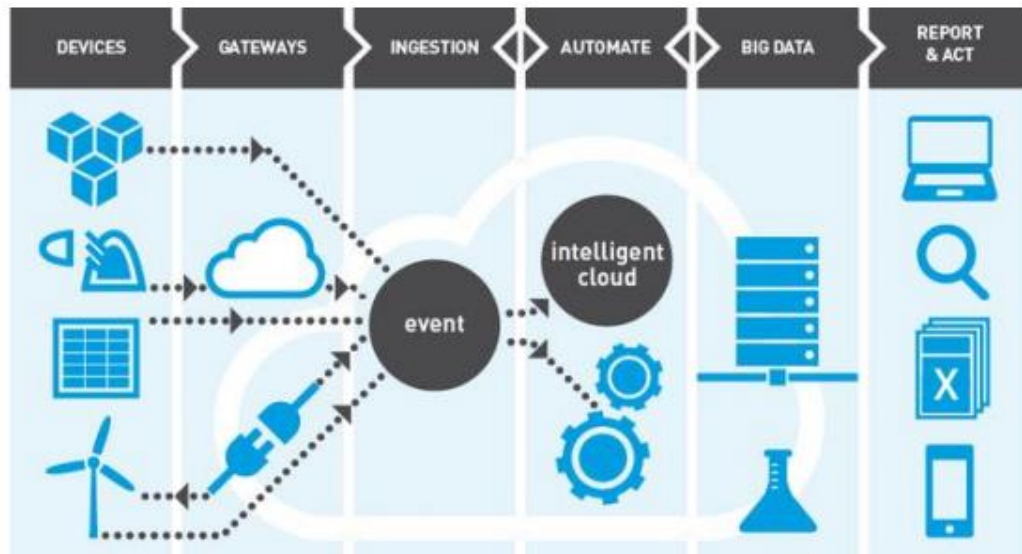


Figura 7. Estructura de un sistema IOT[18]

Hidroponía

La palabra Hidroponía proviene del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo que significa trabajo en agua. La hidroponía es un conjunto de sistemas de producción en el manejo de plantas, que sustituyen al suelo, donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua. Mediante esta técnica se aprovecha áreas no convencionales como azoteas, jardines pequeños, zonas urbanizadas, suelos infértiles y otros, favoreciendo así las condiciones ambientales para producir plantas principalmente de tipo herbáceo [19]. Los primeros pasos de este tipo de sistemas fueron en escalas reducidas pensados para su implementación en locaciones pequeñas, pero a través de los estudios realizados se comprobó que la implementación a gran escala de los sistemas ayudaría a reducir los costos de producción.



Figura 8. Sistema hidropónico aplicación vertical [20]

Calidad de los cultivos

La calidad nutricional de los cultivos de campo e hidropónicos pueden ver se influida por muchos factores, como la composición de los nutrientes, en lugar, el clima, las prácticas culturales y de manejo y almacenamiento postcosecha.

Los cultivos hidropónicos, vienen a ser cultivos orgánicos y pueden ser igual o más nutritivos que los cultivos tradicionales que usan el suelo. La ventaja de los sistemas hidropónicos es que se controla la calidad de los fertilizantes que se pueden aportar en el desarrollo de las plantas [19].



Figura 9. Sistema hidropónico aplicación flotante

Desarrollo de cultivos hidropónicos

El proceso de producción de cultivos hidropónicos está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción donde las plantas se cultivan en una solución nutritiva en lugar de tierra.



Figura 10. Sistema hidropónico aplicación casera [21]

Solución Nutritiva y pH

Los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento de las plantas se suministran a través de la solución nutritiva en la que las raíces se sumergen, la solución nutritiva puede ser estática o fluida.

La solución nutritiva se mezcla con pH, la mayoría de las plantas crecen en un rango de pH de 5.8 a 6.8, sin embargo 6.3 se considera un nivel de pH ideal.

Si el pH está demasiado alto o bajo, la planta no absorberá adecuadamente los nutrientes, la planta puede crecer mal.

Para conseguir un desarrollo eficaz de las plantas se debe tener conocimiento sobre sus requerimientos y en base a eso se puede estipular los nutrientes necesarios que van a ser de ayuda para mejorar la producción.



Figura 11. Soluciones nutritivas[22]

Sistemas Hidropónicos

Los sistemas hidropónicos generalmente se clasifican en sistemas activos o pasivos.

Sistemas activos: Un sistema hidropónico activo usa una bomba para el suministro de solución a las diversas plantas en intervalos programados de manera recirculante.

Sistema pasivo: Un sistema hidropónico pasivo proporciona agua con los nutrientes debajo de las raíces de las plantas de manera no recirculante.

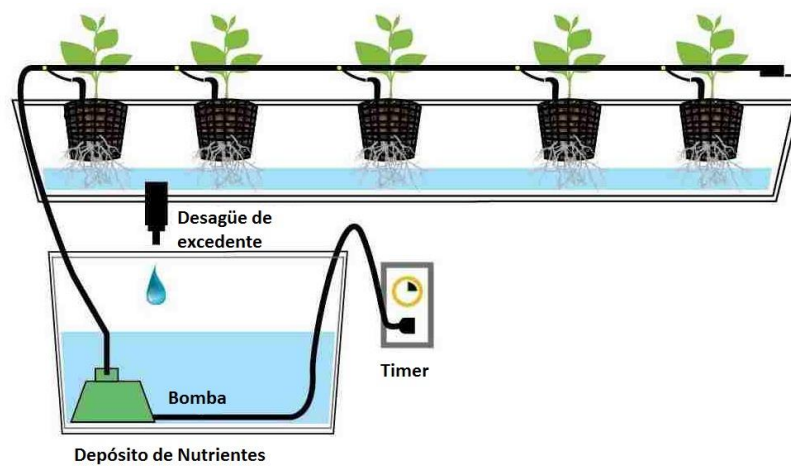


Figura 12. Estructura básica de un sistema hidropónico[23]

Lenguajes de programación

Python

Python es un lenguaje de programación de alto nivel, fácil de usar y muy rápido de aprender. Es de código abierto, multiplataforma que soporta principalmente la programación orientada a objetos, la programación de procedimientos y la programación funcional.

La sintaxis de Python enfatiza la legibilidad y, por lo tanto, reduce el costo de mantenimiento del programa. Como Python es un lenguaje de propósito general, su aplicabilidad en el desarrollo de software del mundo real cubre un enorme espectro de usos: la matriz y la influencia de automatización de pruebas, y la construcción de entornos complejos, al diseño y desarrollo de la interfaz gráfica de usuario, aplicaciones web, y los scripts básicos. El lenguaje proporciona construcciones destinadas a permitir programas claros a pequeños como a gran escala[24].



Figura 13. Lenguaje de programación Python [25]

JavaScript

JavaScript es un lenguaje script (secuencia de comandos) dinámico, para la web. Es un lenguaje interpretado de código abierto del lado del cliente, lo que significa que no necesita un compilador para traducir su código como C o C++. El código JavaScript se ejecuta directamente en un navegador web.

JavaScript se coloca en un archivo HTML o ASP y se ejecuta directamente desde la página web y hoy en día es el lenguaje de programación más popular. JavaScript se puede utilizar para realizar tareas más avanzadas, como imprimir la hora y la fecha, crear un calendario u otras tareas que no son posibles en HTML [26].



Figura 14. Lenguaje de programación web JavaScript [27]

Jinja 2

Jinja es un lenguaje de plantillas moderno y amigable para Python. Se usa para crear HTML, XML u otros formatos de marcado que se devuelven al usuario a través de una solicitud HTTP.

Es útil porque tiene una sintaxis de etiqueta de plantilla consistente y el proyecto se extrae limpiamente como un proyecto de código abierto independiente para que otras bibliotecas de código lo puedan usar como dependencia [28].



Figura 15. Librería propia de Python - Jinja2[29]

Base de datos

MariaDB

MariaDB es uno de los gestores de base de datos relacionales de código abierto. Es un replazo directo compatible para la tecnología de base de datos MySQL. Los desarrolladores originales de MySQL crearon MariaDB después de la adquisición de MySQL por parte de Oracle. Una base de datos relacional es una forma para almacenar datos en un formato muy estructurado utilizando el formato de filas y columnas.

MariaDB reemplaza MySQL desde muchos lugares debido a sus excelentes características, como motores vibrantes, almacenamiento y rendimiento mejorado. La mejor característica de MariaDB es que se centra en la seguridad de alto nivel y optimiza las consultas [30].



Figura 16. Motor de Base de Datos Maria DB[31]

Software

Para el desarrollo de la propuesta, se tuvo que analizar las herramientas de desarrollo a utilizar. En este punto se tomó una decisión después de comparar dos herramientas de software libre que son las que mejor se acoplan a la creación del tipo de aplicación propuesto.

Las herramientas seleccionadas son Django y Flask, que son marcos web de Python.

Tabla 1. Comparación de herramientas de software

| Características | Django | Flask |
|-----------------|--|---|
| Tipo de marco | Django es un marco completo. | Flask es un marco ligero que ofrece muchos servicios listos para utilizar. |
| Base de datos | Django tiene ORM (asignación relaciona de objetos), que admite base de datos como Ocale, MySql y SQLite. | Flask no tiene un sistema ORM y puede elegir el ORM que funcione mejor para la aplicación. Se puede decir que Flask tiene más libertad. |

| | | |
|----------------------|--|---|
| Administración | Django tiene un panel de administración incorporado que puede usarse para manejar todas las tareas administrativas. Esto le ayuda a realizar operaciones CRUD (Crear, Leer, Actualizar, Eliminar) para sus aplicaciones. Además, puede usar este panel para administrar el contenido del sitio web y administrar usuarios. | En flask el frasco de administración es una extensión que se puede utilizar para la inclusión de interfaces de administración de las aplicaciones. No es tan poderoso como el panel de administración de Django, pero le permite un control completo sobre la apariencia. |
| Formas | Django viene con formularios que son partes cruciales de las aplicaciones web. Esto es posible gracias a la clase llamada ModelForms que le permite crear formularios sin código HTML. | Flask no admite formularios. Sin embargo, su extensión Flask-WTF le ayuda a integrar Flask con WTForms. |
| Curva de aprendizaje | Django tiene una curva de aprendizaje empinada y los principiantes que usan este marco pueden tardar un tiempo en perfeccionar su uso. Sin embargo, los programadores experimentados encontrarán más fácil entender Django que Flask. | Flask es fácil de aprender para principiantes y puedes dominar los conceptos mientras juegas con él. |
| Soporte comunitario | Django tiene una comunidad de desarrolladores grande y poderosa donde es probable que | Flask es relativamente nuevo y tiene una comunidad más |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>encuentre desarrolladores para ayudarlo en su proyecto. Además, si tiene un problema con su aplicación, puede estar seguro de encontrar las soluciones en la red, ya que tiene muchos usuarios.</p> | <p>pequeña, por lo que la información puede ser un poco difícil de encontrar.</p> |
|--|--|---|

Como se muestra en la tabla 1 tanto Django como Flask son marcos populares de Python. Cada marco tiene una calidad única, y se puede utilizar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. Django es un marco web de pila completa, que se utiliza para aplicaciones web grandes y complejas, mientras que Flask es un marco web ligero y extensible.

Después de realizar la comparación entre las dos herramientas, se llega a la conclusión que la herramienta escogida para la creación de la aplicación es Flask, porque Flask cumple con las necesidades del proyecto y tiene como ventaja un marco ligero de aplicaciones web y está diseñado para que al comenzar sea rápido y fácil, con la capacidad de escalar a aplicaciones complejas. Este marco no impone ninguna dependencia o diseño del proyecto. Toso depende del desarrollador elegir las herramientas y bibliotecas que desea usar.

Frameworks y Librerías

Flask

Python es uno de los lenguajes más populares en la actualidad, tanto para scripting como para desarrollo web con frameworks como Django o Flask.

Flask es como un micro-framework de Python para crear aplicaciones web, es decir, páginas web dinámicas, APIs, etc. Incluye un servidor web de desarrollo para poder probar las aplicaciones sin tener que instalar algo como Nginx o Apache. También trae un depurador y soporte integrado para pruebas unitarias.

Una de las características de este micro-framework está el esquema de rutas. Con el esquema de rutas la aplicación puede responder a peticiones RESTful con URLs.

También soporta el uso de cookies seguras y se apoya en el motor de plantillas Jinja2[32] .



Figura 17. Librería propia de Python - Flask[33]

Chartist

Es una biblioteca de código abierto de gráficos para la web. Chartist es una herramienta en línea que permite la creación de gráficos receptivos altamente personalizados para presentar datos críticos. Además, es amigable para el usuario porque es compatible con diferentes tipos de navegadores [34].

Metodologías

Como parte del proyecto de investigación se realizó un sistema de control, este tipo de sistema se encuentra clasificado como un sistema integrado en tiempo real y requiere de una metodología rigurosa para el desarrollo de su software debido a que debe estar acoplado a componentes específicos de hardware. Las metodologías de desarrollo propuestas a continuación se adaptan a los principios y patrones ágiles con el fin de construir sistemas que se adapten a las limitaciones y las seguridades que pueda tener un sistema. Las pruebas constantes son la base de las metodologías ágiles para garantizar la aplicación de las correcciones necesarias a tiempo. Además, el enfoque de diseño basado en una comunicación bidireccional con el cliente se utiliza para equilibrar el tiempo de entrega en vista de las restricciones de rendimiento y funcionalidad del sistema debido a que se cumplen las necesidades del cliente en base se va desarrollando el proyecto.

El término ágil se refiere a movimiento fácil y rápido. Un proceso ágil ayuda a dividir el trabajo en varias subtarefas para adaptar planes utilizables que se pueden usar para

reevaluaciones frecuentes. La agilidad se refiere a la capacidad de crear y responder al cambio para obtener ganancias en un entorno empresarial.

El desarrollo ágil de software es una técnica que proporciona un marco conceptual para promover iteraciones de desarrollo en el ciclo de vida del proyecto. La iteración es el proceso de desarrollar una sola unidad de software a la vez.

Las metodologías ágiles proporcionan un ajuste para los requisitos asociados con el desarrollo de sistemas integrados, que van desde mejora continuo y flexible de los productos hasta la integración de la experiencia interdisciplinaria de los desarrolladores.

Cada método tiene algunas ventajas y desventajas sobre otros métodos. En el desarrollo de este proyecto de investigación se realiza un análisis entre la metodología XP (Extreme Programming) y la metodología Kanban para optar por una u otra metodología dependiendo de las características del proyecto, las cuales varían en función de varios factores: número de integrantes, asignación de tareas, expectativas del cliente, características del proyecto, entre otros.

Metodología XP (Extreme Programming)

La programación extrema como su nombre lo sugiere toma un enfoque extremo para desarrollar software. Es uno de los métodos ágiles más exitosos. Este método se centra en la satisfacción de cliente. Divide el ciclo de vida del desarrollo/diseño de sistemas en varios números de ciclos cortos de desarrollo. Está diseñada para mejorar la calidad de software y su capacidad de adaptarse adecuadamente a las necesidades cambiantes del cliente [35].

La metodología XP tiene como objetivo proporcionar lanzamientos pequeños iterativos y frecuentes durante todo el proyecto, el equipo de desarrollo desarrolla una nueva versión o un nuevo software incrementado permitiendo que tanto los participantes del equipo como los interesados examinen y revisen el proceso, los desarrolladores ejecutan todos los programas de pruebas existentes para asegurarse de que no haya ningún error en la versión incrementada antes de entregar el software al propietario del software. Si todas las pruebas se ejecutaron con éxito, entregamos la nueva versión al cliente.

La programación extrema es la más utilizada entre los métodos ágiles porque es liviana para equipos pequeños y medianos que desarrollan software frente a requisitos vagos o que cambian rápidamente. En la programación extrema, la entrega incremental y la participación del cliente están en nivel extremo. En productos de programación extrema, las partes interesadas dan el requisito como escenario o como historias de usuarios. Estas historias se dividen en tareas por equipo de desarrollo y asignan esta tarea a los miembros del equipo, a medida que el proyecto continuo, el cliente puede agregar, modificar, dañar o eliminar una historia, entonces, el equipo de desarrollo replantea la entrega incremental y cambia los planes en consecuencia [35].

En la **Figura 18** se muestra el proceso de la metodología XP para producir un incremento del sistema que se está desarrollando.

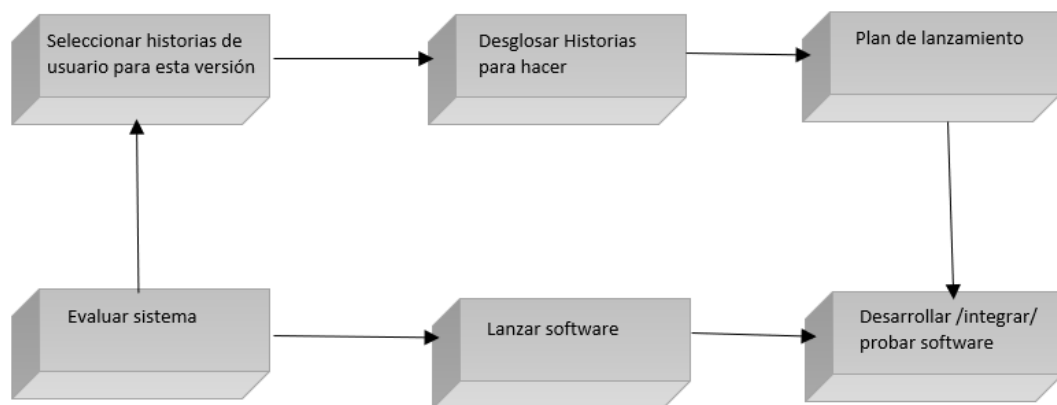


Figura 18. Proceso de la metodología XP

Elaborado por: el investigador

Roles XP

En la programación extrema, el énfasis está en la colaboración de todo el equipo que estén en comunicación continua. Sin embargo, se requieren roles para que un proyecto de programación extrema funcione y las personas que toman estos roles asumen las responsabilidades correspondientes y son responsables de su contribución a estos roles en los proyectos. Se recomienda asignar a las personas adecuadas para los roles en lugar de tratar de cambiar a las personas para que encajen en esos roles.

El equipo de XP tiene varios roles en sus proyectos: cliente, desarrollador, Tracker, entrenador. Los dos primeros roles son básicos y los dos restantes son suplementarios y pueden no estar presentes en proyectos XP [35].

Desarrollador / Programador

El rol de desarrollador es el más importante en la programación extrema. Quienes desempeñan este papel son los que escuchan las historias de usuario y crean la funcionalidad del producto. Este rol debe comprender e implementar las características del producto trabajando muy de cerca con el cliente para definir las tareas en función de las historias y las estimaciones correctas de cuánto tiempo llevarán las tareas, además realizan pruebas unitarias en el código.

Los desarrolladores están facultados para estimar sus propias tareas sin ninguna interferencia del cliente [35].

Cliente

Este rol particular puede o no ser desempeñado por un “usuario final”, pero su función aquí es clave. Un cliente define los requerimientos para el proyecto y establece los objetivos del proyecto. Cuando más involucrado esté el cliente, mayor será la probabilidad de éxito del proyecto XP. Además, el cliente es la voz del usuario final del producto. Este rol aclara las características del producto y escribe las historias de usuario para el equipo, también este rol ejecuta las pruebas de los clientes con la asistencia del equipo de desarrollo para garantizar que realmente se realice una historia de usuario [35].

Tracker (Encargado de seguimiento)

Este rol se considera complementario y no existe en todos los proyectos de XP. El tracker es el encargado del seguimiento regular del progreso del equipo de desarrollo permitiendo realizar ajustes que asegurarán que las iteraciones se mantengan en el objetivo [36].

Entrenador

El rol del entrenador es otra función complementaria que puede no existir en todos los proyectos de XP. La función de esta persona es a menudo múltiple, debido a los

diferentes “sub-roles” que entrenador tiene que asumir. Este rol es el responsable de proporcionar orientación y mentoría de equipo, y también posiblemente asesorar a los miembros menos experimentados.

El rol del entrenador es garantizar que el equipo comprenda las prácticas de XP junto con el desarrollo de software. Este rol también ayuda con la resolución de problemas y funciona como árbitro entre el cliente y el equipo de desarrollo si es necesario [36].

Ventajas de la programación extrema

Reducir costos

La principal ventaja de XP es que esta metodología permite reducir las actividades para reducir los costos y la frustración de todos los involucrados, el ciclo de retroalimentación se reduce. Los desarrolladores se centran en la codificación en lugar de preocuparse por el papeleo y las reuniones innecesarias y eliminar la necesidad de verificadores independientes [36].

Rápido

La metodología XP ayuda a crear software más rápido gracias a las pruebas periódicas en la etapa de desarrollo. El desarrollo basado en pruebas conduce a la finalización exitosa del desarrollo y se obtiene un trabajo acelerado sin pérdida de tiempo [36].

Simple

Los desarrolladores que prefieren usar esta metodología crean un código extremadamente simple y sumamente organizado que se puede entender y mejorar en cualquier [35].

Trabajo en equipo

El equipo de desarrollo trabaja con el cliente para encontrar la solución correcta y el cliente participa en cada paso. Además, los desarrolladores trabajan en conjunto en todo, desde los requisitos hasta el código, esto permite que se apoyen mutuamente durante todo el proyecto [35].

Facilita los cambios

En la metodología XP la iteración mínima es un día, la máxima es un mes; cuanto más a menudo se realicen lanzamientos, se identificarán más fallas del sistema. Los primeros lanzamientos ayudan a identificar fallas en las primeras etapas, luego la funcionalidad del sistema se expande (basada en las mismas historias de usuarios). Dado que el usuario ha estado involucrado en proceso de desarrollo desde la primera versión, evalúa el sistema y emite una historia de usuario más comentarios. En base a esto, se determina la siguiente interacción: cuál será la nueva versión. En XP, todo apunta a proporcionar comentarios continuos de los usuarios.

El cliente tiene el control sobre las prioridades

La confianza significa una comunicación abierta entre desarrollador y cliente, la formación de un estilo de desarrollo en el que el producto y su valor es creado por los esfuerzos conjuntos de los miembros de equipo con el interés directo y participación del futuro usuario.

El Cliente es responsable de tomar decisiones comerciales y el equipo de desarrollo es responsable de tomar decisiones técnicas. Si no se cumple esta regla, todo el proceso se desmorona.

Aplicación de la programación extrema

Los proyectos adecuados para la metodología XP son aquellos que:

- Implica tecnología nueva o prototipo, donde los requisitos cambian rápidamente.
- Proyectos de Investigación, donde el trabajo resultante no es el producto de software en sí, sino el conocimiento del dominio.
- Proyectos que se manejan más fácilmente a través de métodos informales.

Metodología Kanban

La metodología Kanban es un marco que cae bajo la metodología Ágil. Fue desarrollada por un ingeniero japonés llamado Taiichi Ohno para los sistemas de producción Toyota.

Kanban es una metodología que se enfoca en la eficiencia y la gestión del flujo de trabajo muy visual en el que cada tarea o elemento de trabajo, está representada por una tarjeta en un pizarra o tablero. Este tablero juega un papel vital en la visualización del flujo de trabajo de la tarea. Ayuda a optimizar el flujo de tareas entre diferentes equipos. Este método permite definir, gestionar y mejorar los servicios para entregar trabajos de alta calidad [37].

Objetivos Un tablero Kanban se puede usar para organizar tareas para una sola persona o para un equipo más grande. Si el equipo es grande, se puede asignar una tarea a cada miembro del grupo, de modo que cualquier participante mire el tablero y pueda visualizar con rapidez quien está trabajando actualmente y en qué.

Kanban tiene el objetivo de mejorar gradualmente los procesos, reducir el tiempo de duración de las tareas y proyectos, y crear un flujo de trabajo más predecible. Se debe tener en cuenta que Kanban no es lo mismo que otras metodologías de gestión de proyectos como Scrum o Extreme Programming (XP) en el sentido de que no hace uso de iteraciones de tiempo fijo, en lugar de hacer eso Kanban se basa en la entrega continua de productos destinados a las expectativas del cliente [38].

En el tablero Kanban las tarjetas se organizan en diferentes pasos o estados de trabajo utilizando columnas verticales, se puede comenzar con tres columnas: “Que hacer”, “En progreso” y “Listo” [37]. Cuando se construye, gestiona y funciona correctamente, la tarea cambia de estado, se puede mover de izquierda a derecha a la columna correspondiente y esto sirve como un repositorio de información en tiempo real, destacando los cuellos de botella dentro del sistema y cualquier otra cosa que pueda obstaculizar las prácticas de trabajo sin problema.

En la **Figura 19** se muestra el proceso de la metodología Kanban para producir un incremento del sistema que se está desarrollando.

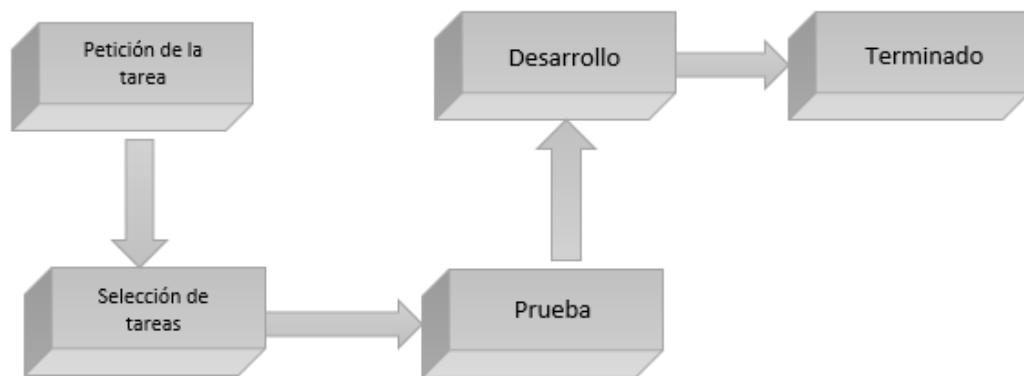


Figura 19. Proceso de la metodología Kanban

Elaborado por: el investigador

Roles Kanban

Kanban no define roles predefinidos para un equipo como lo hace la metodología XP u otras metodologías. A medida que ocurren los cuellos de botella, los miembros del equipo podrían tener que salir de sus tareas habituales para completar otras tareas.

Kanban reconoce que puede haber en el proceso, responsabilidades, y títulos existentes. En un grupo de trabajo puede haber un gerente de proyecto que alienta al equipo a colaborar y colabora cuando cualquier persona se sienta abrumado [38].

La metodología Kanban depende en gran medida de la inversión de los miembros del equipo para que funcione. Esto ayuda en el proyecto a mejorar los procesos de formas que un gerente solo podría no considerar, y mantiene a los miembros del equipo interesados en hacer que las cosas funcionen.

Ventajas de la metodología Kanban

Sencillez

El método Kanban requiere muy poco para comenzar, solo un tablero y tarjetas. Este bajo costo de inicio hace que sea muy fácil implementar la metodología Kanban. Del mismo modo, la simplicidad del sistema hace que sea más probable que miembros de su equipo lo entiendan y lo usen adecuadamente.

Kanban es un sistema muy simple y fácil de entender que hace que sea práctico para administración de una empresa aplicar este sistema de manera efectiva.

Adaptabilidad

La metodología Kanban puede funcionar con muchos tipos de equipos y muchos tipos de procesos. De hecho, muchos equipos utilizan la metodología Kanban además de otro sistema. La flexibilidad de las columnas le permite a Kanban adaptarse al flujo de trabajo de su equipo sin necesidad de eliminar los sistemas que ya tiene instalados.

Reducir gastos

El sistema Kanban es un sistema muy flexible dado que se puede ver y actualizar el estado de la tarea en el tablero Kanban, es fácil manejar todos los recursos de manera eficiente. Por lo tanto, hay menos posibilidades de desperdicio. El sistema Kanban garantiza la reducción de residuos en todos los aspectos. Disminuye la sobreproducción, el movimiento innecesario, las brechas de comunicación, los defectos, el procesamiento excesivo y la espera.

Sin embargo, el tablero Kanban hace que sea más fácil averiguar el estado de trabajo de los miembros de su equipo. Entonces puede tomar los pasos necesarios para cumplir los objetivos del proyecto a tiempo. Esta característica garantiza que los equipos no pasen tiempo haciendo trabajo innecesario [37].

Acelerar el flujo de trabajo

Kanban garantiza una transparencia completa sobre la distribución del trabajo, así como los cuellos de botella existentes, si los hay. En los tableros Kanban puede ver los flujos de trabajo según la complejidad.

Por lo tanto, puede examinar partes particulares del flujo de trabajo para entregar el trabajo a tiempo. Conduce a identificar los obstáculos en el camino del progreso y eliminarlos. Por lo tanto, acelerará el proceso de trabajo con una mejor productividad [38].

Mejor comunicación

Kanban mejora la efectividad del recurso humano de una empresa. Como el sistema requiere una capacitación continua, aprendizaje y mejora en los niveles de

competencia de los empleados. Es probable que los empleados conserven sus experiencias de largo plazo. Además, el sistema Kanban generalmente se aplica en situaciones de equipo que albergan un sentido de responsabilidad compartida y armonía entre los empleados. Esto mejora sus capacidades de toma de decisiones y aumenta las perspectivas de innovación [39].

Cambios incrementados

La metodología Kanban fomenta el cambio basado en datos visualizados, por lo que no tiene que hacer cambios radicales. Este cambio, modifica y ajusta las cosas según sea necesario. Este cambio más lento elimina la resistencia de los miembros del equipo y le impide realizar accidentalmente un cambio que obstaculiza seriamente su flujo de trabajo [39].

Aplicación de la metodología Kanban

Kanban es una forma realmente útil para los equipos con una acumulación continua de elementos acumulados para aumentar la eficiencia al limitar la cantidad de trabajo en progreso, respetando los roles y responsabilidades existente.

En resumen, XP- Programación extrema y Kanban se adhieren a los principios establecidos en el Manifiesto Ágil que tiene como objetivo proporcionar el mayor valor posible y eficaz a los clientes en tiempo disponible.

Estas metodologías no dicen exactamente lo que se debe hacer en el desarrollo de un proyecto, sino solo proporcionan ciertas prácticas que se pueden cumplir de una u otra manera para cumplir con el objetivo.

Aunque XP y Kanban pertenecen al grupo de metodologías ágiles, presentan diferentes prácticas de procesos como se observa en la **Tabla 2**

Tabla 2. Selección de metodología

| Descripción | XP- Programación Extrema | Kanban |
|--------------------------|--|--|
| Objetivos | Organizar a las personas para producir software de mayor calidad de manera más productiva. | Aumentar la flexibilidad de producción, adaptarse mejor a los requisitos cambiantes del mercado. |
| Valores | Comunicación, Simplicidad, Retroalimentación, Valor, Respeto. | Transparencia, Acuerdo, Balance, Respeto, Comprensión, Liderazgo, Colaboración, Enfoque al cliente, Fluir. |
| Principios | Los principios que forman la base de XP se basan en los valores que se acaban de describir y están destinados a fomentar las decisiones en proyecto de desarrollo del sistema. | Comenzar con lo que hace ahora. Estar de acuerdo en buscar un cambio evolutivo incremental. Inicialmente, respetar responsabilidades y títulos de trabajo. |
| Roles | Cliente, Desarrollador, Tracker, Entrenador | No hay roles existentes. Algunos equipos solicitan la ayuda de un entrenador ágil. |
| Indicadores clave | Tiempo de iteración (2 semanas o un mes) | Tiempo de ciclo |

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Actividades | Planificación Gestión Diseño Codificación Prueba | Para hacer Desarrollo Prueba Lanzamiento Hacer El cambio puede suceder en cualquier momento. |
| Practicas | El juego de planificación Lanzamientos de versiones frecuentes Pruebas de usuario Propiedad colectiva del código Integración continua de código Normas de codificación Metáfora del sistema Ritmo constante Desarrollo basado en pruebas Programación de pares Diseño simple Refactorización | Visualizar Límite del trabajo en progreso Administrar el flujo Explicar explícitamente las políticas de administración Mejorar en colaboración |
| Cadencia | Iteración | Flujo continuo |
| Metodología de Lanzamiento | Al final de cada iteración después de la aprobación del cliente. | La entrega es continua o a discreción del equipo. |

Mediante el cuadro comparativo se llega a la conclusión que la metodología XP – Extreme Programming, es adecuada para la elaboración del proyecto de investigación debido a que esta metodología se centra principalmente en la creación de software de calidad, a través de más de una docena de prácticas básicas que incluyen desarrollo guiado por pruebas de clientes, integración continua, pequeños lanzamientos, trabajando hacia un producto de alta calidad y mejora continua que puede responder a

los cambios en requisitos del cliente. XP es el marco ágil más específico para buenas prácticas de ingeniería para el desarrollo de software.

Sistemas automatizados para hidropónicos

Tabla 3. Análisis de sistemas hidropónicos Automatizados

| Sistemas automatizados para hidropónicos | | | |
|--|--|---|--------------------------|
| Sistema | Imagen | Características | Costo |
| Bluelab monitor guardián |  | El sistema Bluelab es un medidor continuo de los niveles de conductividad se la solución nutritiva, ph y temperatura. | \$300 |
| H2 T- CONTROL |  | Este sistema controla las funciones de riego, clima y fertilización. Configuración a demanda dl cliente Plataforma iot para el monitoreo y control remoto de datos. Acceso a datos en tiempo real. | 5.700.00€- 12.500.00€ |

Como se muestra en la Tabla 3, en el mercado hidropónico actual existen sistemas de software y hardware diseñados para la automatización de los cultivos hidropónicos, estas soluciones pueden llegar a ser robustos y su costo es alto para su implementación. En promedio un sistema hidropónico puede costar entre cientos o miles de dólares para un sistema de nivel básico que no está completamente automatizado. Este alto costo de los sistemas hidropónicos automatizados es un factor importante que impide que las personas inviertan en estos sistemas [40].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema informático para la automatización y control de cultivos hidropónicos.

2.1.1 Objetivos Específicos

- Definir la relación costo/beneficio de los métodos utilizados actualmente en el desarrollo de los cultivos hidropónicos.
- Determinar las tecnologías de bajo costo para optimizar los factores que afectan al crecimiento del cultivo hidropónico.
- Implementar el sistema informático.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Materiales

En el presente proyecto para recolección de información se realizó una entrevista para analizar el estado actual de las tecnologías que permiten automatizar sistemas de riego, esta entrevista fue llevada a cabo con la ayuda de un docente del departamento de investigación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial a un técnico dentro de la empresa Riego Terra Moda, con esta entrevista se obtuvo información detallada sobre el estado actual del uso de tecnologías para automatización.

| |
|---|
| Entrevista sobre la disponibilidad de tecnologías para automatizar cultivos hidropónicos. |
| ¿Existen actualmente dentro del país tecnologías que permitan automatizar los métodos de cultivos? |
| ¿Existen disponibilidad de equipos de automatización en físico para una venta inmediata? |
| ¿Poseen equipos de automatización valorados en menos de 1000? |
| ¿Por qué los precios de los equipos de automatización poseen costos excesivamente altos? |
| ¿El precio que ofertan incluye los sensores necesarios compatibles para el funcionamiento del equipo? |
| ¿Los precios que manejan de las tecnologías incluyen costos de actualización? |
| ¿Las tecnologías que ustedes ofertan para que tipo de mercado están diseñadas? |
| ¿Se puede adaptar unos de sus equipos para el cultivo de hortalizas? |

2.2 Métodos

Modalidad de la investigación

La modalidad presente en el desarrollo de un sistema informático para la automatización de cultivos hidropónicos se fundamenta en la investigación, desarrollo e implementación aplicando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera

y utilizando información de fuentes como libros, documentos, revistas y artículos de carácter científico. También se decide aplicar las siguientes modalidades:

Investigación biográfica documental

Este tipo de investigación es importante ya que permite la obtención de la información a través de proyectos similares realizados con anterioridad, documentos, artículos científicos, revistas, etc.

Investigación de campo

Este tipo de investigación se realiza en el mercado actual permitiendo observar de manera clara y concisa los diferentes sistemas de automatización en los cultivos hidropónicos que están disponibles para los usuarios y conocer qué tipo de información presentan, de esta forma realizar un proyecto de investigación que cumpla con los objetivos propuestos.

Investigación aplicada

El proyecto de investigación tendrá la modalidad aplicada porque para el desarrollo de un sistema informático para la automatización de cultivos hidropónicos se aplicará los conocimientos adquiridos durante todo el transcurso de la carrera.

Población y Muestra

La presente investigación se la trabajo con una base de información obtenida de un grupo sesgado, el cual fue el personal técnico de la empresa Riego Terra Moda. Al ser un grupo específico y pequeño se definió una muestra.

Recolección de información

La información obtenida para el desarrollo de este proyecto fue directamente obtenida con la ayuda de un ingeniero que conforma el departamento de investigación a través de una entrevista generada con preguntas claves que permitieron obtener la información más clara y útil posible, esta entrevista fue realizada dentro de la empresa Riego Terra Moda directamente al personal técnico encargado del mantenimiento e instalación de los equipos que ofertan.

Con esta entrevista se obtuvo información clara y concisa del estado actual de la tecnología existente en el mercado ecuatoriano, el técnico entrevistado comento que

en la actualidad en el país existen pocas variedades de tecnologías para la automatización debido a sus altos costos, también menciono que en la tienda física existen muy pocos modelos en stock debido a su escasa demanda, razón por la cual netamente se manejan más a través de pedidos por clientes para empezar los procesos de importación de los equipos, este eleva aún más los precios de venta al público, a su vez menciono que dentro de la marca de los equipos con los cuales trabajan no existen equipos valorados en menos de 1000 ya que ofertan equipos especializados que abarcan todas las necesidades necesarias dentro de una automatización. El técnico comento que los precios son excesivamente altos debido a las características básicas que poseen sus equipos y de las garantías que manejan de los mismo, también estableció que se debe al hecho de que todo equipo es importado. Otro de los puntos fundamentales que menciona es el que sus equipos son netamente controladores para la automatización, es decir adquirir uno de sus equipos no incluye los sensores y actuadores necesarios para el funcionamiento, los mismos tienen que ser adquiridos dentro de la tienda para así garantizar la compatibilidad entre ellos. Menciono también que dentro de la compra de unos equipos no se incluye instalación pero que se la oferta de manera adicional, aunque poseen paquetes de instalación por la compra del kit completo del controlador, sensores y actuadores, este tipo de tecnologías están diseñadas específicamente para el uso a gran escala dentro de invernaderos, los cuales comúnmente se pueden encontrar en la producción de rosas. Los equipos ofertados al ser especializados brindan una facilidad de parametrización para el cultivo adecuado de todo tipo de plantas.

Procesamiento y análisis de datos

Teniendo en cuenta la información recolectada a través de la entrevista se pudo constatar que la automatización en la producción de alimentos para el consumo no se encuentra tan avanzada debido a los costos de adquisición y de instalación en base a la información se definió las características fundamentales que debe cumplir el sistema para ser de beneficio para quien lo utilice, teniendo eso en cuenta se generó una exhaustiva búsqueda a través de repositorios sobre posibles componentes tecnológicos de bajo costo que podrían ser utilizados para replicar las características básicas de los equipos ofertados actualmente.

La información obtenida en diferentes medios documentados forma parte de un proceso y análisis crítico, seleccionando la información necesaria siguiendo los siguientes puntos:

- Análisis y organización de la información.
- Estudio de las estrategias de solución al problema.
- Determinación de la mejor alternativa de solución.
- Optimización de datos en información.
- Presentación de resultados con base al fundamento teórico.

Teniendo esto en cuenta se estableció que el invernadero requiere poseer varios tipos de sensores para ayudar a regular los parámetros dentro de los cultivos y brindar al usuario información beneficiosa para ayudar al proceso de crecimiento.

Los sensores son de humedad, nivel de agua y un medidor de sensor de pH. Cada sensor tiene una salida analógica o digital. Una vez que los datos de salida del sensor se hayan leído correctamente, los datos se presentan cuidadosamente al usuario a través de graficas en tiempo real.

Cálculo de PH

Un requisito fundamental para el desarrollo de una planta es el control periódico de la calidad del agua, esta se garantiza a través del monitoreo y control del PH el cual define la acidez o alcalinidad de la solución inmersa en el agua. El control de PH no puede ser realizado de manera general debido a que cada planta requiere de una medida característica para su óptimo desarrollo, razón por la cual un sistema hidropónico debe permitir el monitoreo de esa medida en su depósito de agua para garantizar un control adecuado y desarrollo eficaz del producto cultivado.

Para la medición se utilizó un sensor de PH compatible con Arduino el cual capta una medida de voltaje en base a los iones de hidrógeno dentro de la solución, este tipo de sensor requiere de una previa calibración a través del código para conseguir la medición lo más exacta posible. Para esta calibración se parte del conocimiento común de que la medida de PH 7 que es la intermedia tiene una medición de 2.5v, con este conocimiento y a través del uso de soluciones ácidas o alcalinas se realiza la calibración con un cálculo simple de la diferencia entre voltajes.

Las fórmulas empleadas para el cálculo del PH fueron, la de la conversión de una señal a voltaje y la conversión de un voltaje a escala de PH.

$$voltaje = \frac{5}{1024.0} * "medida\ del\ sensor"$$

Fórmula 1. Conversión de ser una señal a voltaje

$$PH = 7 + \left(\frac{2.5 - voltaje}{0.18} \right)$$

Fórmula 2. Cálculo de voltaje a escala de PH

Con la utilización de estas fórmulas se realizó la calibración del sensor, la cual fue comprobada por medio de la utilización de soluciones calibradoras en las cuales ya se conoce su PH en promedio.

Cálculo de Humedad

Una característica fundamental de los sistemas hidropónicos es la necesidad de mantener todo el circuito bajo una constante humedad para de esta manera conseguir un flujo constante de nutrientes a todas las plantas y garantizar un óptimo desarrollo de todas. Para garantizar la humedad constante se utilizó la tela fieltro que se caracteriza por ser absorbente y excelente almacenadora de humedad, a su vez se utilizó sensores de humedad a modo de activadores de la bomba los cuales se encargan de encenderla de manera automática en el caso de la que humedad baje del porcentaje que se establezca, esto pensado para casos en los cuales debido a factores ambientales se puedan producir la evaporación de manera anticipada.

Tabla 4. Representativa de humedades que soporta una planta

| HUMEDAD | OBSERVACIÓN |
|---------|----------------------|
| 100% | Se desarrolla |
| 90% | Se desarrolla |
| 80% | Se desarrolla |
| 70% | Se desarrolla |
| 60% | Se desarrolla |
| 50% | Se desarrolla |
| 40% | Hojas Amarillas |
| 30% | Hojas Secas |
| 20% | Crecimiento detenido |
| 10% | Se Marchita |
| 0% | Muere |

El portaje se obtiene a través de pruebas realizadas que permiten determinar la humedad mínima que puede soportar una raíz antes de presentar problemas en su correcto desarrollo.

$$humedad = map(hum0,550,1023,100,0);$$

Fórmula 3. Obtención de la humedad

Los campos establecidos en la fórmula son asignados en base a las características generales del sensor en cuestión estableciendo los rangos en los cuales queremos el resultado del 0 al 100 por ciento.

Control de riego

Para conseguir el flujo de los nutrientes a través del sistema se requiere el uso de bombas que sean capaces de mover cantidades específicas de agua por hora, con la potencia necesaria para poder elevarla y hacerla circular por todo el circuito, para este proyecto fue utilizada una bomba de 1570lth la cual posee la potencia necesaria para elevar el agua hasta 3 metros, esta bomba aparte de ser controlada a través de los

sensores de humedad posee una función la cual realiza una activación de la misma cada cierto tiempo durante un tiempo determinado permitiendo así el flujo constante de los nutrientes hacia todas las plantas.

Al funcionar la bomba de agua con un voltaje de 110v se requirió un componente extra para su activación el cuál fue un módulo de relé con el cual podemos utilizar la señal del Arduino para activar o desactivar la alimentación de la bomba consiguiendo así la automatización.

Cálculo de nivel de agua

Para conseguir determinar el nivel de agua dentro del depósito del sistema se utilizó un sensor de medición de distancia ultrasónico por medio del cual con el conocimiento de las características físicas del envase se puede calcular su volumen en litros para de esta manera en conjunto con la medición del PH el usuario pueda rellenarlo y aplicar las soluciones necesarias para adicionar los nutrientes que sean de beneficio para las plantas.

$$distancia = (tiempo / 2) / 29.1$$

Fórmula 4. Cálculo de la distancia.

Esta fórmula usa el tiempo que le toma al sensor ultrasónico enviar y recibir una señal para de esta forma calcular la distancia.

$$volumen = (3.14 * radio * radio * (ht - (distancia / 100))) / 0.001;$$

Fórmula 5. Cálculo del volumen en litros

Con esta fórmula y conociendo las características físicas de un recipiente se puede calcular el espacio que se encuentra ocupado por un líquido para así indicarlo en litros, con esto el usuario puede conocer los niveles del tanque en tiempo real para planificar un tiempo en el cual preparar más solución nutritiva para sistema hidropónico.

Tabla 5. Mediciones obtenidas en una semana de prueba

| | HORA | HUMEDA 1 | HUMEDAD 2 | PH | NIVEL DE AGUA | #DE ACTIVACIONES DE LA BOMBA |
|-----------|-------|----------|-----------|-----|---------------|------------------------------|
| lunes | 7:00 | 10% | 0% | 7 | 100% | 1 |
| | 12:00 | 62% | 55% | 6,8 | 98% | 2 |
| | 18:00 | 90% | 86% | 6,8 | 96% | 4 |
| martes | 7:00 | 80% | 82% | 6,7 | 96% | 9 |
| | 12:00 | 70% | 75% | 6,5 | 96% | 10 |
| | 18:00 | 75% | 80% | 6,7 | 96% | 11 |
| miércoles | 7:00 | 85% | 88% | 6,8 | 96% | 16 |
| | 12:00 | 82% | 84% | 6,7 | 95% | 17 |
| | 18:00 | 93% | 95% | 6,8 | 95% | 20 |
| jueves | 7:00 | 92% | 96% | 6,5 | 95% | 25 |
| | 12:00 | 78% | 82% | 6,6 | 94% | 26 |
| | 18:00 | 83% | 85% | 6,6 | 94% | 28 |
| viernes | 7:00 | 90% | 94% | 6,8 | 94% | 33 |
| | 12:00 | 75% | 78% | 6,7 | 93% | 34 |
| | 18:00 | 80% | 85% | 6,5 | 93% | 36 |
| sábado | 7:00 | 95% | 90% | 6,4 | 93% | 41 |
| | 12:00 | 83% | 84% | 6,4 | 92% | 42 |
| | 18:00 | 77% | 80% | 6,3 | 92% | 44 |
| domingo | 7:00 | 88% | 90% | 6,4 | 92% | 49 |
| | 12:00 | 74% | 70% | 6,3 | 91% | 50 |
| | 18:00 | 80% | 94% | 6,3 | 91% | 52 |

Los resultados obtenidos a lo largo de una semana del sistema en funcionamientos fueron los siguientes.

Se obtuvo como resultado que el material utilizado para almacenamiento de humedad es altamente eficaz debido a que los porcentajes de humedad no descendieron bajo del

60%, se notó que el nivel superior del sistema tiende a almacenar menos humedad que el inferior debido a que la gravedad moviliza el agua hacia abajo.

Los niveles de PH se mantuvieron estables y solo hubo una pequeña pérdida en la calidad que no es tan representativa.

El nivel del agua fue completado al 100% dos veces una al momento de la instalación del sistema para el primer riego y otra después del primer riego, se notó que los niveles del agua no se redujeron debido al sistema de recolección del agua en la parte inferior del sistema, la pérdida por evaporación no es tan representativa y se notó que la pérdida es mayor a lo largo del día en clima soleado estableciendo el factor ambiental como elemento crucial para el ahorro de agua, En climas fríos el nivel del agua se mantiene estable.

El número de activaciones de la bomba fue crucial para mantener la humedad, al establecer riegos automáticos independientemente de la humedad del sistema se consiguió estabilizar el rango del PH debido al movimiento del agua, en promedio el número de veces que la bomba entra en funcionamiento es de 8 veces en 24 horas lo que en referencia a nivel de ahorro de consumo de agua y estabilidad de calidad de agua es beneficioso para el sistema.

En base a los resultados se puede determinar que el sistema es funcional debido a que permite controlar de manera autónoma el riego permitiendo conocer los valores de cada sensor en tiempo real lo cual brinda la confianza de su implementación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

La implementación de un sistema informático de automatización para cultivos hidropónicos permitirá mejorar las condiciones del cultivo, aplicando los puntos de visión en la calidad y producción de las plantas. En uno de los artículos de la revista virtual OpenMind BBVA se analiza la investigación de las intervenciones de la IA dentro de equipos tecnológicos para el cumplimiento de tareas básicas y repetitivas esto teniendo en cuenta las propuestas de los diferentes proyectos a nivel mundial[41], y se determina que se han desarrollado dos tipos de sistemas que automatizan los cultivos estos son: mecánicos y automáticos.

Tabla 6. Análisis costo / beneficio

| Sistema | Medidor de PH | Medidor de Humedad | Medidor de electro conductividad | Accionamiento automático de riego | Sistema de monitoreo Online | Sistema con autenticación | Accionamiento manual de riego | Dificultad de instalación | Monitoreo en tiempo real de datos | Costo |
|---------------------------------|---------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| BlueLab monitor guardián | x | x | x | | | | | Medio | | \$ 300 |
| H2 T-Control | | | | x | | x | x | Alto | x | \$ 5700 \$ 12500 |
| Sistema hidropónico inteligente | x | x | x | x | x | x | x | Bajo | x | \$ 236,10 |

Analizando y comparando las características que ofrecen otros sistemas disponibles en el mercado con el sistema desarrollado en este proyecto como se muestra en la **Tabla 6** se pudo denotar que las funcionalidades ofrecidas por otros sistemas tienen un costo mayor, y a su vez los beneficios ofrecidos por cada una de ellos son específicos, razón

por la cual su implementación con el objetivo de conseguir una automatización se torna aún más complicado, debido a esto y teniendo en cuenta estos factores se desarrolló el sistema utilizando componentes de bajo costo con la capacidad de brindar todas las características necesarias para conseguir una automatización dentro de un proceso de cultivo.

Desarrollo de la propuesta

Sistemas mecánicos

Los sistemas mecánicos cumplen con la función de activar el dispensador de riego en base a un horario establecido tomando en cuenta el tipo de cultivo[42].

Sistemas automáticos

Los sistemas automáticos cumplen con la función de almacenar información mediante la obtención de los datos tanto físicos como ambientales obtenidos por sensores para la toma de decisiones adecuados para los cultivos y mostrar los datos en tiempo real mediante aplicaciones móviles o a su vez por páginas web.

En el mercado actual se tiene diferentes sistemas de automatización para cultivos hidropónicos. Algunos son distribuidos a nivel nacional y otros de manera internacional, que varían en su funcionalidad, material, tamaño y costo[43].

Controladores del sistema

Para seleccionar el controlador del sistema lo primero a tomar en cuenta son las características que sean más convenientes y necesarias para la creación del proyecto y la accesibilidad que se tiene en el mercado, razón por lo cual se tomó en consideración las placas de Arduino y Raspberry Pi. Los parámetros técnicos que se usó para comparar las capacidades los microcontroladores serán detallados en la **Tabla 5**.

Tabla 6. Selección de controlador del sistema

| Parámetros | Controlador | |
|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | ARDUINO | RASPBERRY PI |
| Pines I/O | 16 pines (14 digitales- 8 análogos) | 40 pines (28 GPIO-12 de poder) |
| Corriente en los pines | 40mA | 50mA |
| Fuente de alimentación | 5V | 5V |
| Conexión inalámbrica | No | Si |
| Memoria persistente | 32 KB | Hasta 64 GB (tarjeta de memoria) |
| Costo | \$10 a 15\$ | \$30 - \$90 |

Ambos dispositivos Arduino y Raspberry Pi, pueden verse similares, sin embargo, no son idénticos en absoluto. La diferencia entre los dos es que Arduino es igual a un microcontrolador y Raspberry es un ordenador de placa única con un procesador.

En términos de costo, el Arduino es mucho más barato que Raspberry pi. Arduino cuesta alrededor de 10\$ a 15\$, mientras que una placa Raspberry pi puede llegar a costar entre 30\$ a 90\$. Pero la Raspberry pi puede actuar como un PC y un microcontrolador, en cambio, un Arduino es sólo un microcontrolador.

En proyectos automatizados el Arduino es mejor que la Raspberry ya que puede leer señales analógicas en tiempo real. Esta flexibilidad permite que Arduino funcione con prácticamente cualquier tipo de sensor o chip. La Raspberry no es tan flexible. Por ejemplo, se requiere hardware adicional para leer sensores análogos[43].

La velocidad de procesamiento de la señal en Arduino es mucho mayor que en Raspberry. Y esto, en la mayoría de los casos, es muy importante en el proceso de medición y procesamiento de resultados.

Arduino es menos exigente en nutrición, ya que 5V es suficiente para él. La placa Raspberry requiere un regulador de voltaje adicional, y las entradas y salidas son alimentadas por 3.3V.

Raspberry tiene una gran ventaja en Software y Arduino en la simplicidad de los proyectos de hardware.

Arduino no puede conectarse inalámbricamente a Internet y la Raspberry Pi conectada a Internet, es una minicomputadora que se puede convertir en un servidor web, servidor VPN, servidor de bases de datos, servidor de impresión y también realiza algoritmos complejos.

Dado que Arduino y Raspberry Pi resuelven diferentes problemas, en ciertas situaciones es conveniente usar estos dispositivos juntos. Raspberry Pi y Arduino se complementan entre sí. Trabajan muy bien juntos. La forma más fácil de establecer una comunicación entre Raspberry Pi con Arduino es usar la biblioteca Python PySerial. El uso conjunto de las placas Arduino y Raspberry Pi ofrece posibilidades ilimitadas. Raspberry es el “cerebro” del sistema, que recibe y da comandos al Arduino. Es decir, de esta manera, puede crear proyectos más capaces que los proyectos construidos solo en Arduino o Raspberry Pi.

Sensores y Actuadores

Los sistemas de control de los sistemas automatizados de cultivos hidropónicos incluyen un conjunto de sensores y actuadores que se encargan tanto de la detección de valores ambientales físicos en tiempo real como del control del riego y la nutrición de un jardín hidropónico permitiendo operar el sistema en un modo dado y asegurar el mantenimiento de parámetros específicos y la optimización de los ciclos de trabajo.

Para el accionamiento del riego en el jardín hidropónico, se decide utilizar la electroválvula solenoide para Arduino mostrada en la **Figura 3**. Esta electroválvula es más accesible a comparación con otras electroválvulas industriales por el costo.

Software

El software de código abierto tiene varias ventajas sobre el software propietario.

Es más seguro, muchas aplicaciones propietarias de fabricantes conocidos contienen características indocumentadas, lo cual es una amenaza potencial. El acceso al código fuente del programa hace posible controlar este aspecto.

Es fácilmente adaptable, la gran cantidad de aplicaciones gratuitas disponibles le permite adaptarlas a las necesidades específicas de los usuarios y crear nuevos programas necesarios sobre la base.

Aplicación de metodología ágil XP para el desarrollo del proyecto

Mediante el análisis realizado en el capítulo I, se definió que la metodología que más se adapta para el desarrollo de este proyecto es la de Extreme Programming, la metodología consta de varias fases las cuales ayudaran con el desarrollo del proyecto.

- Fase 1. Planificación del proyecto
- Fase 2. Diseño del sistema
- Fase 3. Desarrollo del sistema
- Fase 4. Pruebas

Fase 1. Planificación del proyecto

Para el desarrollo del trabajo de investigación se generaron varias historias de usuario que permitieron levantar los requerimientos que el mismo debe poseer. Los requerimientos fueron establecidos por el ingeniero a cargo del proyecto de investigación tomando en cuenta la entrevista realizada.

Historias de usuario

Historia 1

Tabla 7. Historia de Usuario 1 – Ingreso a la aplicación web

| | |
|---|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número: 1 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Ingreso a la aplicación web | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 1 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema desarrollado debe poseer una interfaz de login para iniciar sesión de usuario en la aplicación, esta debe poseer controles y mensajes de alerta. | |
| Observaciones: Para acceder se ingresa la clave y correo registrados. | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Desarrollo de la interfaz• Generación del código necesario para el funcionamiento | |

Historia 2

Tabla 8. Historia de Usuario 2 – Recuperación de la clave

| | |
|--|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número: 2 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Recuperación de la clave | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 2 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema desarrollado debe poseer una interfaz que le permita al usuario recuperar su contraseña en caso de haberla olvidado, esta debe poseer controles, mensajes de alerta y a su vez generar un correo para la recuperación automática. | |
| Observaciones: Es usuario puede recuperar su contraseña únicamente utilizando un correo registrado | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Desarrollo de la interfaz• Creación de cuenta para envío de correos• Generación del código necesario para el funcionamiento | |

Historia 3

Tabla 9. Historia de Usuario 3 – Control automatización del sistema

| | |
|--|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número:3 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Control automatización del sistema | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 3 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema debe poseer la funcionalidad de activar o desactivar la bomba de riego en base a las condiciones establecidas teniendo en cuenta los parámetros del sistema | |
| Observación: El accionar de la bomba de riego está basada en los parámetros obtenidos por los sensores | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Desarrollo de interfaz de monitoreo• Generación del código necesario para el procesamiento de los parámetros obtenidos por los sensores• Generación de código para activación automática de la bomba de riego | |

Historia 4

Tabla 10. Historia de Usuario 4 – Control manual del sistema

| | |
|--|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número:4 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Control manual del sistema | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 4 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema debe permitir al usuario activar o desactivar manualmente la bomba de riego. | |
| Observaciones: El estado de la bomba debe ser controlado a través de un botón en la interfaz. | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Generar botón para el control de la bomba• Generación de código necesario para el funcionamiento del botón | |

Historia 5

Tabla 11. Historia de Usuario 5 – Envío de notificaciones

| | |
|---|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número: 5 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Envío de notificaciones | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 5 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema debe permitir el envío de correos electrónicos a los usuarios registrados con notificaciones específicas. | |
| Observaciones: Configurar servidor SMPT para envío de correos | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Configuración de servidor SMPT para envío de correo• Establecer notificaciones determinadas | |

Historia 6

Tabla 12. Historia de Usuario 6 – Visualización de datos en tiempo real

| | |
|---|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número:6 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Visualización de datos en tiempo real | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 6 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema debe tener una ventana principal desde la cual se pueda realizar el monitoreo en tiempo real de los parámetros obtenidos por los sensores | |
| Observaciones: Visualización en tiempo real de la lectura de los sensores | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Configuración de la interfaz de monitoreo para visualización de los parámetros en tiempo real• Generación de código necesario para la visualización de los parámetros censados. | |

Historia 7

Tabla 13. Historia de Usuario 7 – Representación gráfica de los datos obtenidos

| | |
|---|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número: 7 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Representación gráfica de los datos obtenidos | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 7 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema debe permitir visualizar los parámetros censados a manera de una gráfica en tiempo real. | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Configuración de interfaz de monitoreo para grafica de parámetros censados | |

Historia 8

Tabla 14. Historia de Usuario 8 – Salir de la aplicación.

| | |
|--|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número: 8 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Salir de la aplicación. | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 8 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema debe permitir cerrar sesión. | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Configuración de botón para cierre de sesión. | |

Historia 9

Tabla 15. Historia de Usuario 9 – Gestión de valores.

| | |
|---|-----------------------------------|
| Historia de Usuario | |
| Número: 9 | Usuario: Usuario final |
| Nombre historia: Gestión de valores. | |
| Prioridad en negocio: Alta | Riesgo en desarrollo: Alta |
| Iteración asignada: 9 | |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: El sistema debe transmitir los parámetros censados a una BDD para su almacenamiento | |
| Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Generación del código necesario para la transmisión de los parámetros a la Base de datos | |

Equipos integrantes y roles

Tabla 16. Equipos integrantes y Roles

| Miembros | Grupo | Roles | Metodología |
|-----------------|--------------|------------------------------|------------------------|
| Iveth Baros | A-1 | Administrador Programador | Extreme Programming |

Fase de Iteraciones

Primera Interacción

En la primera iteración, se realizó el diseño de la base de datos y las tablas de la aplicación web que se utilizaran para guardar la información para después analizarlos para la toma de decisiones.

Tabla 17. Tarea Iteración 1 – Diseño de la base de dato

| | |
|--|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 1 | Número historia: 1 |
| Nombre tarea: Diseño de la Base de Datos | |
| Tipo de tarea: Base de Datos | Puntos estimados: 2 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Se realizó un diseño de la base de datos con las tablas necesarias para almacenar los datos de los usuarios que se vayan a registrar. | |

Tabla 18. Tarea Iteración 2 – Desarrollo de registro del cliente

| | |
|--|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 2 | Número historia: 1 |
| Nombre tarea: Desarrollo de registro del cliente | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 2 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Desarrollo del código necesario para el registro de nuevos usuarios en el sistema | |

Tabla 19. Tarea Iteración 3 – Desarrollo del formulario registro del cliente

| | |
|---|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 3 | Número historia: 1 |
| Nombre tarea: Desarrollo del formulario registro del cliente | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 2 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Diseño de la interfaz para registro de usuarios. | |

Segunda iteración

En esta iteración, se desarrolló el ingreso a la aplicación web por el usuario ya registrado.

Tabla 20. Tarea Iteración 4 – Desarrollar consulta usuario

| | |
|---|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 1 | Número historia: 2 |
| Nombre tarea: Desarrollar consulta usuario. | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 2 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Desarrollo de método para la comprobación de usuario | |

Tabla 21. Tarea Iteración 5 – Desarrollo del formulario de ingreso

| | |
|--|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 2 | Número historia: 2 |
| Nombre tarea: Desarrollo del formulario ingreso del usuario registrado. | |
| Tipo de tarea: Base de Datos | Puntos estimados: 2 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Desarrollo de interfaz para Login. | |

Para el ingreso del usuario a la aplicación web se verifica si se encuentra registrado en la base de datos, por lo cual se realiza un método de verificación.

Tercera Iteración

En la tercera iteración se toma en cuenta en caso de que el usuario haya olvidado su clave de ingreso a la aplicación web, en la que se procede a implementar métodos para recuperarla.

Tabla 22. Tarea Iteración 6 – Desarrollo del formulario registro del cliente

| | |
|---|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 1 | Número historia: 3 |
| Nombre tare: Desarrollo del método para verificar el usuario. | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 3 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Desarrollo de método de verificación de usuarios previamente registrados | |

El código que se utilizó para la verificación de los datos del usuario y la recuperación se muestra a continuación

Tabla 23. Tarea Iteración 7 – Desarrollo del formulario recuperación de la clave.

| | |
|---|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 2 | Número historia: 3 |
| Nombre tare: Desarrollo del formulario recuperación de la clave. | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 3 |
| Fecha inicio: | Fecha fin: |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Desarrollo de interfaz para recuperación de contraseña a través de correo. | |

El método para obtener la clave del usuario registrada se debe verificar los registros del correo electrónico.

Cuarta Iteración

Tabla 24. Tarea Iteración 8 – Desarrollo de los servicios

| | |
|--|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 1 | Número historia: 4 |
| Nombre tare: Desarrollo de los servicios | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 2 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Se procedió a la creación de los servicios para la aplicación web. | |

Tabla 25. Tarea Iteración 9 – Desarrollo de formularios para visualizar seleccionar los servicios.

| | |
|---|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 2 | Número historia: 4 |
| Nombre tare: Desarrollo de formularios para monitoreo | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 3 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Se desarrollo un formulario para visualización de la información. | |

Quinta Iteración

En iteración se procedió a el desarrollo del servicio para la automatización de cultivos hidropónico.

Tabla 26. Tarea Iteración 10 – Desarrollo de servicios para automatización.

| | |
|--|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 1 | Número historia: 5 |
| Nombre tare: Desarrollo de servicios para automatización. | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 3 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Se creo el método necesario para generar la automatización | |

Sexta Iteración

De igual manera para el control manual del sistema se utilizan migro servicios que se complementan.

Tabla 27. Tarea Iteración 11 – Desarrollo del servicio para el control manual del sistema.

| | |
|---|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 1 | Número historia: 6 |
| Nombre tare: Desarrollo del servicio para el control manual del sistema. | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 3 |
| Programador responsable: Autor del proyecto de investigación | |
| Descripción: Desarrollo del método para control manual de la activación de la bomba. | |

Séptima Iteración

Tabla 28. Tarea Iteración 12 –Desarrollo del método para envío de notificaciones.

| | |
|--|----------------------------|
| Tarea | |
| Número tarea: 1 | Número historia: 7 |
| Nombre tare: Desarrollo del método para envío de notificaciones. | |
| Tipo de tarea: Desarrollo | Puntos estimados: 3 |
| Descripción: Desarrollo de método para el envío de notificaciones a través de servidor SMPT | |

Para brindar al usuario confianza, y garantizar al cliente que el sistema informático se encuentra en constante comunicación con él, se desarrolló un método para alertar al usuario del estado del cultivo descrito en **tabla 29**.

Diseño del sistema

Caso de uso

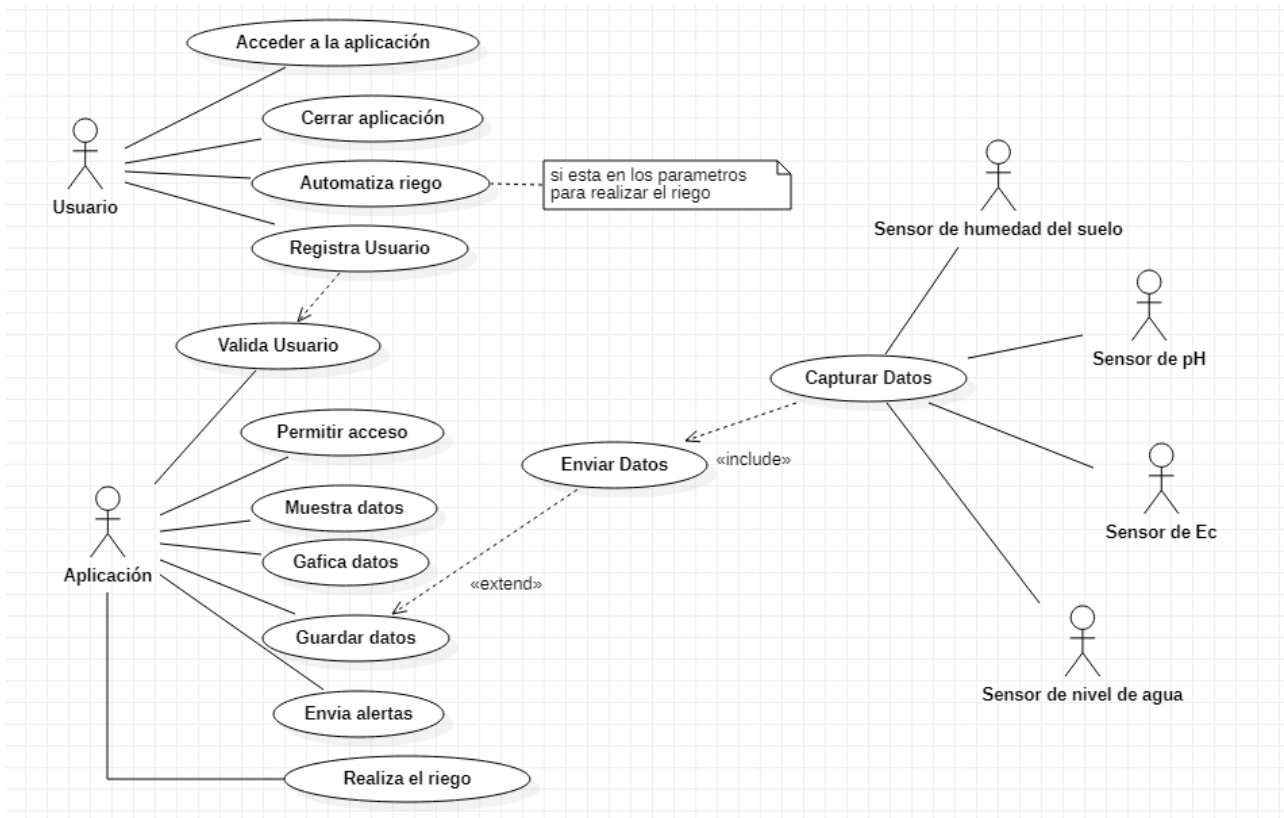


Figura 20. Diagrama de caso de uso

Elaborado por: el investigador

Diagrama de Clases

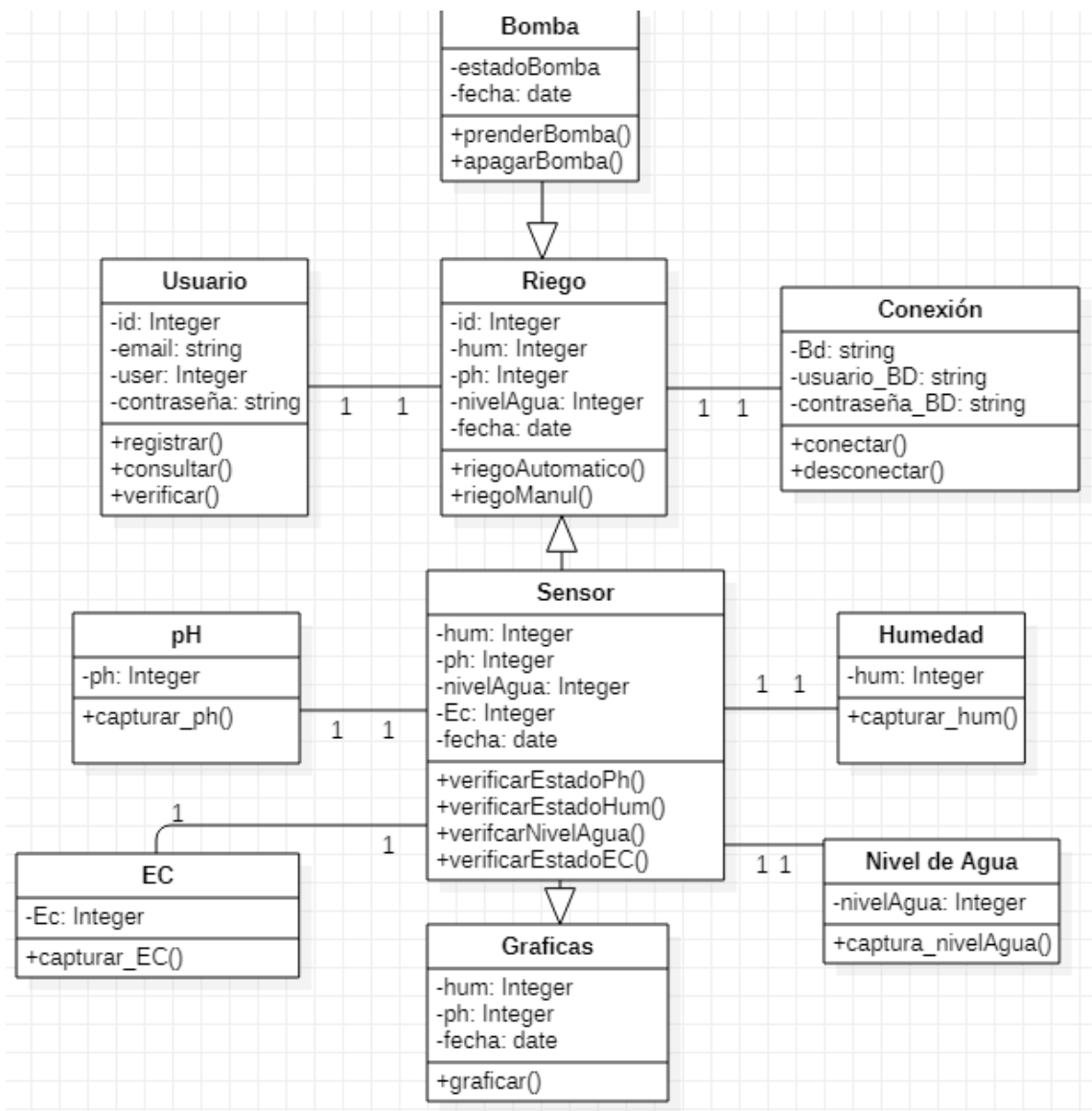


Figura 21. Diagrama de clases

Elaborado por: el investigador

Diagrama de Actividades

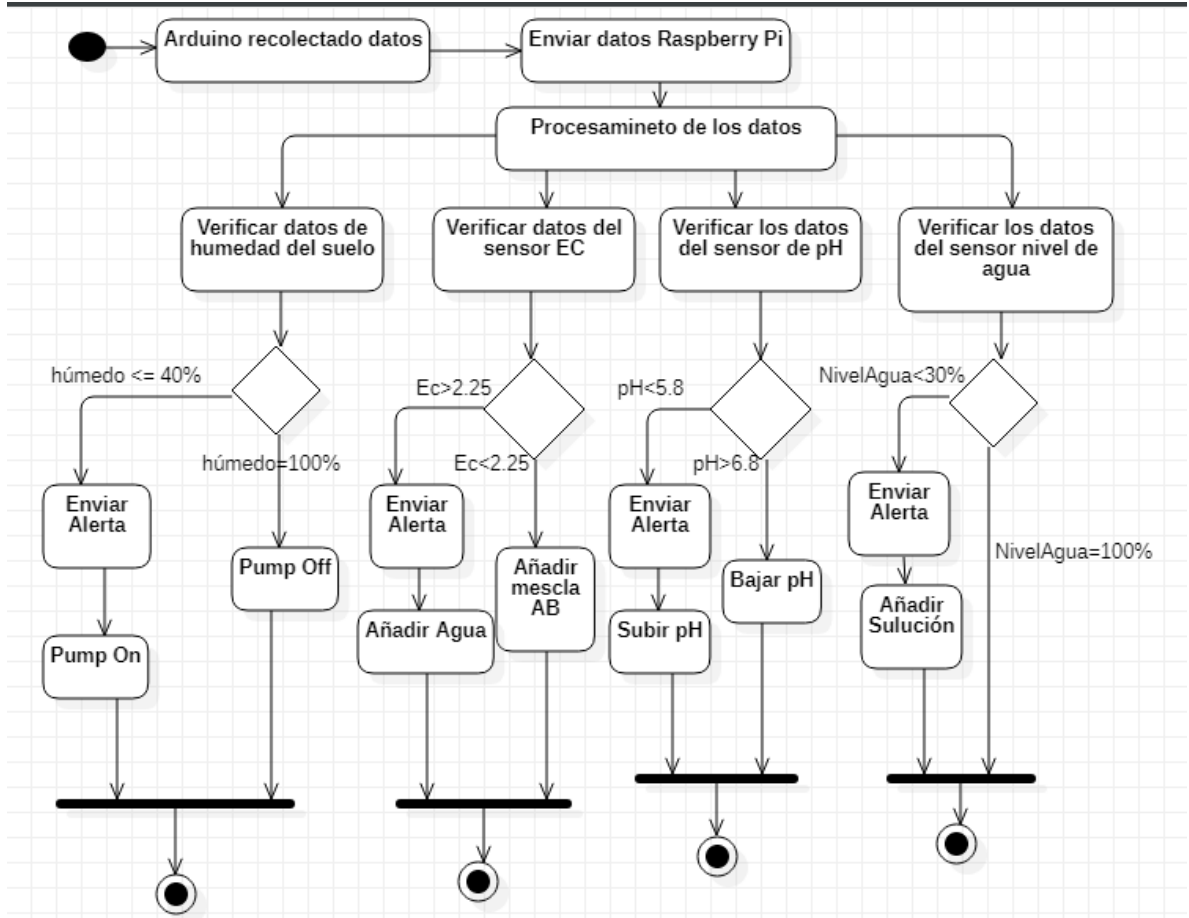


Figura 22. Diagrama de actividades

Elaborado por: el investigador

Esta propuesta se desarrolló con el fin de automatizar cultivos hidropónicos ecológicos de una manera práctica y a muy bajo costo, usando un kit de riego por goteo, sensor y actuadores, Raspberry pi 3, Arduino Uno, Módulo wifi NodeMcu todos estos, componentes simples de configurar que permiten tener un control preciso del sistema.

El sistema se desarrolló utilizando lenguaje de programación Python el cual es un lenguaje de programación bajo una licencia de código abierto, este fue utilizado para generar un enlace entre los componentes conectados al Arduino consiguiendo así una visualización en tiempo real del estado del sistema y efectuando acciones de control que permiten controlar aspectos importantes dentro del sistema.

Se realizó el montaje de un sistema de riego hidropónico automatizado, el cual funciona en base a las medidas tomadas por los sensores que posee, estos funcionan a manera de actuadores obteniendo un riego automatizado en base a la humedad presentada en el tablero cubierto por la tela fieltro, ocasionando que la intervención humana no sea tan necesaria para mantener el riego. Los datos obtenidos a través de los sensores capturan los niveles de humedad en el tablero, los niveles de PH en el agua y la capacidad actual en litros almacenada en el depósito, estos se van almacenando en una base de datos ubicada dentro de un servidor, para posteriormente ser visualizados desde aplicación web generada en un formato entendible para el usuario. Esta información queda disponible para procesos de minería de datos que se decida realizar posteriormente, como parte de una estrategia de apoyo a la toma de decisiones. La tarjeta encargada del procesamiento de los datos capturados por los sensores es la tarjeta Arduino, posteriormente los datos se envían hacia la base de datos por medio del uso de una tarjeta de red Nodemcu para ser consumidos por la aplicación web y visualizados por el usuario final, todo el registro de la información recopilada es almacenada dentro del servidor alojado dentro del Raspberry Pi al cual se puede acceder por los permisos necesarios.

Los datos procesados se envían a la aplicación web a través de internet, razón por la cual los agricultores pueden realizar un monitoreo del estado de las plantas en tiempo real sin necesidad de estar presentes en el sitio utilizando un computador o un teléfono inteligente que posea acceso a internet.

Fase 3. Desarrollo del sistema

Esta etapa se encarga de controlar prácticamente todas las funciones del sistema, tanto el sistema de riego a las plantas, como la neutralización del sistema automático, y de igual manera enlazar las diferentes etapas desarrolladas, utilizando la placa Arduino y la Raspberry Pi, cuyo lenguaje de programación se desarrolla en software Python y Arduino.

Este sistema está equipado con varios sensores, es decir, sensor de pH, sensor EC, sensor de humedad del suelo y sensor de medición para el nivel de agua. Una vez desplegado los sensores en el campo, estos enviarán los datos recopilados al Arduino, a la vez este envía por medio del puerto serial en una cadena en formato JSON al

servidor Raspberry Pi que procesara y enviara los datos a la base de datos MySQL. Con este sistema los valores se mostrarán por un sitio web en tiempo real, lo que permitirá los usuarios monitorear las plantas en tiempo real en función inteligentes en cualquier lugar y en cualquier momento, sin tener que estar cerca del sistema.

El sistema ajustará automáticamente el valor nutritivo de las plantas, con fluido de riego automático de acuerdo con la detección de sensores de pH y EC. Los líquidos pH+ y pH-, solución nutritiva y agua. Estos líquidos se mantendrán en recipientes equipados con bombas. Si los datos de análisis no están de acuerdo con los elementos nutritivos de las plantas, la bomba se encenderá automáticamente y se detendrá hasta el valor ideal que necesitan las plantas para su debido desarrollo. Esto indica que las plantas deben ser manejadas y controladas con detalle y preciso. Así que los nutrientes de la planta, y la humedad de la tela se puede equilibrar. Automáticamente la humedad es obtenida directamente de la tela fieltro y en base a sus condiciones, es decir, seco, poco seco, poco húmedo y húmedo se realizan acciones de riego a través de un análisis de los datos, en consecuencia, predecir el estado del suelo en función de los datos en tiempo real conlleva a realizar acciones de activación manuales sobre la bomba para conseguir una humedad óptima para el desarrollo de las plantas.

Diagrama de flujo de datos

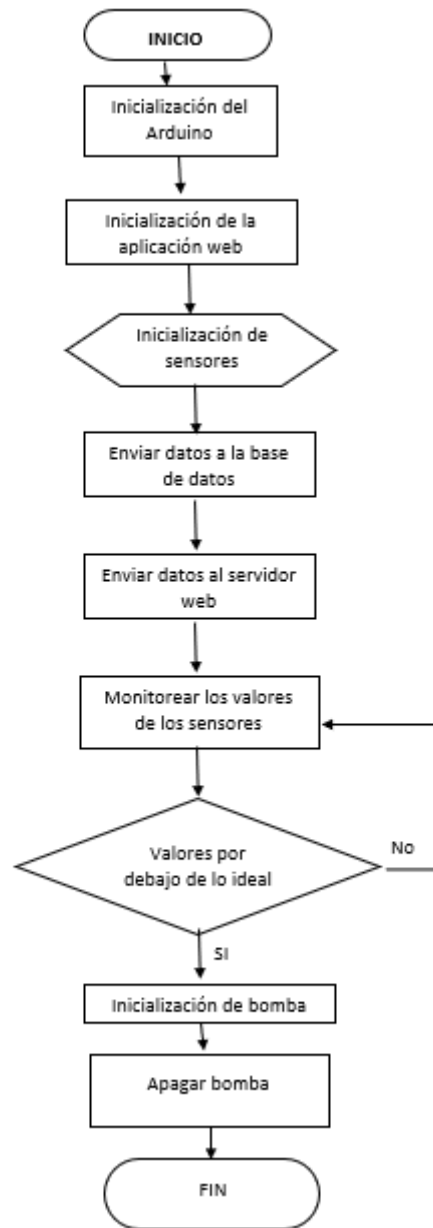


Figura 23. Diagrama de flujo de datos

Elaborado por: el investigador

En el diagrama de flujo de datos mostrando en la **Figura 23** el proceso comienza con el inicio. Una vez que se inicia, se realiza la inicialización de Arduino, junto con la inicialización del servidor web. Todos los sensores que están conectados al Arduino se inician. Esto significa que se podrán en sus condiciones de inicio para que el sistema comience. Como estrada, se recopilan los datos de los sensores y estos datos se envían al servidor de base de datos y al servidor web. Una vez se han enviado estos datos, se

inicia el sensor de pH, EC, humedad y nivel de agua. Los datos recopilados de estos sensores son muy esenciales para el funcionamiento del sistema hidropónico. Se monitorea los datos de los sensores a través de la aplicación web. Cada sensor tiene un valor ideal que está programado. Si el valor está por debajo del ideal, iniciamos el motor respectivo y nos aseguramos de que los valores de los sensores estén en dentro del valor deal.

Diseño de la arquitectura

La arquitectura completa del sistema se muestra en la **Figura 24** El sistema se divide en las siguientes secciones de monitoreo, automatización, control y almacenamiento de datos. El sitio web permite realizar un monitoreo en tiempo real de los datos captados por los sensores. Arduino Uno se utiliza como central de recepción de la información obtenida por los diferentes tipos de sensores y a su vez contiene las condiciones que permiten las activaciones automáticas de los actuadores. El sitio web y el Arduino poseen una interconexión que permite la transmisión bidireccional de la información obteniendo así un control manual sobre el funcionamiento de la bomba. El Raspberry que funciona como servidor permite almacenar toda la información transmitida desde el Arduino para su visualización en tiempo real o su posterior análisis. El diagrama de clases, el diagrama de actividades y el diagrama de casos de uso correspondientes al sistema se muestran en las **Figuras 20, 21 ,22.**

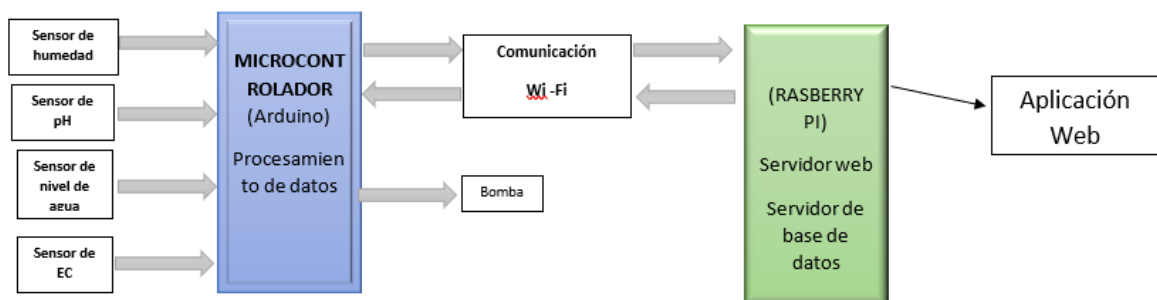


Figura 24. Arquitectura del sistema

Elaborado por: el investigador

Hardware

En la **Figura 24** se presenta el sistema propuesto. El sistema desarrollado utiliza un microcontrolador Arduino Uno para el procesamiento de los datos capturados por los sensores, este los envía hacia una tarjeta Esp8266 más conocida como nodemcum la cual funciona como puerta de enlace en la red con lo cual se obtiene un sistema IOT.

La nodecum se encuentra enlazada a él Raspberry Pi que funciona a manera de servidor, a través de este enlace se consigue la disponibilidad de los datos dentro de la interfaz web.

La bomba de agua posee dos tipos de configuraciones, una es a través de un ciclo automático y permanente a lo largo del día y el otro permite controlar su estado a través de un botón dentro de la interfaz. Para el control de la bomba se requiere una tarjeta de módulo de relés la cual permite su activación a través de pulsos emitidos por él Arduino.

El estado del sistema se controla mediante el uso de varios sensores, que se muestra en la Figura 25, Figura 26 y Figura 27. Se utiliza una bomba de agua para distribuir la solución nutritiva en la tela fieltro para que la planta pueda absorberla a través de sus raíces. El sistema contiene cuatro sensores: un sensor de medición de agua, un sensor de Ph, un sensor de conductividad eléctrica, un sensor de humedad del suelo. El sensor de conductividad permite estimar una cantidad de sales o nutrientes en el agua. El sensor de Ph permite ajustar correctamente el ph de la mezcla nutritiva. Se usó agua destilada para tener un valor de pH base cerca de 7 y ajustado para estar entre 5.6 o 6 después de agregar nutrientes.

El sensor ultrasónico se utilizó para conocer el nivel de la solución nutritiva en el tanque y así conocer si la cantidad de solución nutritiva es suficiente o se necesita agregar más para el riego.



Figura 25. Componentes electrónicos de sistema



Figura 26. Componentes del sistema colocados en la maqueta



Figura 27. Componentes del sistema Sensor de humedad

Software

El sistema utiliza Arduino que posee su propio entorno para programar. Este software es responsable de operar los sensores y actuadores del sistema. El sistema utiliza una Raspberry Pi a modo de servidor para contener la base de datos y el sitio web que permite la supervisión y el control remoto de sistema. Para el desarrollo de la aplicación web se utiliza el marco flask de Python.

Control de riego

Para mantener la humedad de la tela fieltro, las plantas necesitan ser regadas regularmente. La humedad es uno de los principales factores del crecimiento de las plantas. Para superar estos problemas, se proporcionó un sistema automático de aspersores de agua que ayuda a los agricultores a regar los cultivos eficientemente.

El sistema de riego consiste en sensores de humedad del suelo, bombas sumergibles, Arduino Uno y Raspberry como controladores interconectados por un módulo wi-fi. Los nodos de sensores como humedad y nivel del agua se despliegan en el área para recopilar los datos apropiados y se transmiten en consecuencia a la estación base. Los datos se procesan localmente en controlador del sistema que luego se envía al servidor para su posterior procesamiento y análisis. Si la humedad se define como seca, el Arduino encenderá la bomba que abra la válvula que dejará rociar el agua. Así que, si está mojado, de alguna manera el Arduino apagará la bomba y se detendrá el riego.

Control de neutralización de la solución nutritiva

Para prevenir una mala condición en el crecimiento de la planta y dar notificación temprana si sucede. El sistema ajusta automáticamente los nutrientes adecuados para las plantas, como el pH y la Ec. Este sistema neutraliza el valor del sensor pH y sensor EC automáticamente, el valor está de acuerdo con las necesidades de las plantas. Las condiciones ideales de pH para plantas son 6.0 y 6.5. Así como las condiciones de las EC en las plantas que tienen un valor ideal entre 2.25-2.4.

Este sistema controla en específico y detalle en plantas, utilizamos varios sensores, es decir, sensores de pH, sensores EC (Conductividad Eléctrica). Ambos sensores se convierten en parámetros para neutralizar los nutrientes de las plantas, donde los sensores de pH sirven para medir el nivel de acidez o alcalinidad de las plantas y

también los sensores EC se utilizan para determinar el grado de salinidad presente en el suelo. Porque estos parámetros son muy importantes que afectan al entorno de las zonas de raíz de la planta. Uno de estos factores puede influir significativamente en el crecimiento y la calidad de la planta. La presencia de alto contenido de pH significa que la mezcla nutritiva este demasiada alcalina o ácida esto provocará intoxicación vegetal y las plantas mueran. Este sistema también está diseñado para hacer ajustes automáticamente a las condiciones ideales de las plantas, como se menciona anteriormente, que las plantas deben tener un rango de valor de pH 6.0 a 6.5, así como EC este 2.25 -2.4.

Los mecanismos de este sistema son los sensores respectivos, es decir, el sensor de pH y el sensor EC capturará los valores de pH y EC, luego el Arduino tomara estos valores y los comprara si $ph > 6.8$, luego enviara la orden a la bomba para regar el líquido para bajar el pH en la mezcla nutritiva. Por lo tanto, si $ph < 6.5$ entonces el Arduino enviara una orden para abrir la válvula de la bomba para regar el líquido para subir el nivel de Ph en la mezcla. Del mismo modo, con EC, el valor EC se neutralizará automáticamente a partir de los datos de capturados por el sensor EC. Si $EC > 2.4$, El Arduino enviar el control para abrir la válvula de la bomba para regar agua con reductor de valor EC. Por lo tanto, si $EC < 2.25$ se abrirá la válvula de la bomba para regar el líquido de la mezcla conocido como liquido fertilizante utilizado para la planta.

Sistema de notificación

Se utilizó un sistema de notificación al usuario de eventos que requieren de su atención. Dado que es un sistema automatizado, la mayoría de los requerimientos están bajo constante control, pero existen algunos requisitos que necesitan atención manual. Las notificaciones se realizan siempre que los valores de los sensores se encuentren por debajo del valor ideal para que el usuario esté enterado de los cambios que se hacen al sistema para lograr condiciones óptimas.

Sistema de monitoreo

Este sistema se diseñado para monitorear el estado de las plantas en tiempo real. El sistema está hecho con aplicación web, donde el uso de la web será más fácil y se ve también más cómodo.

Este sistema de monitorio muestra datos específicos y detallados, además se puede acceder desde cualquier lugar y cualquier momento a través de una computadora o un teléfono inteligente. La monitorización también es muy importante porque da la oportunidad al usuario a conocer a fondo el estado de la planta para que pueda hacer un análisis más profundo. Con los datos del sensor mostrado en la aplicación web móvil para ser el intermedio de los agricultores para controlar el estado de sus plantas. El sistema de monitoreo tiene dos características principales que son:

1.- Información sobre las plantas

El sistema de monitoreo proporciona la información más reciente sobre la planta, donde esta información será visible para el usuario donde le servirá ver si las plantas están en buenas condiciones o no.

2.- Gráficos de datos

El sistema proporciona información en forma de sensores de datos se representan en forma gráfica. Su objetivo es proporcionar información detallada sobre sus plantas, donde los usuarios pueden ver una por una la información completa, como pH, Ec, humedad del suelo y nivel del agua. Con esta característica, los agricultores obtendrán una visión general de la información sobre sus plantas.

Arquitectura de la solución

Se describe las especificaciones desarrolladas para el sistema propuesto. En la **Figura 28** se detalla la arquitectura del mismo, la misma que se describe a continuación.

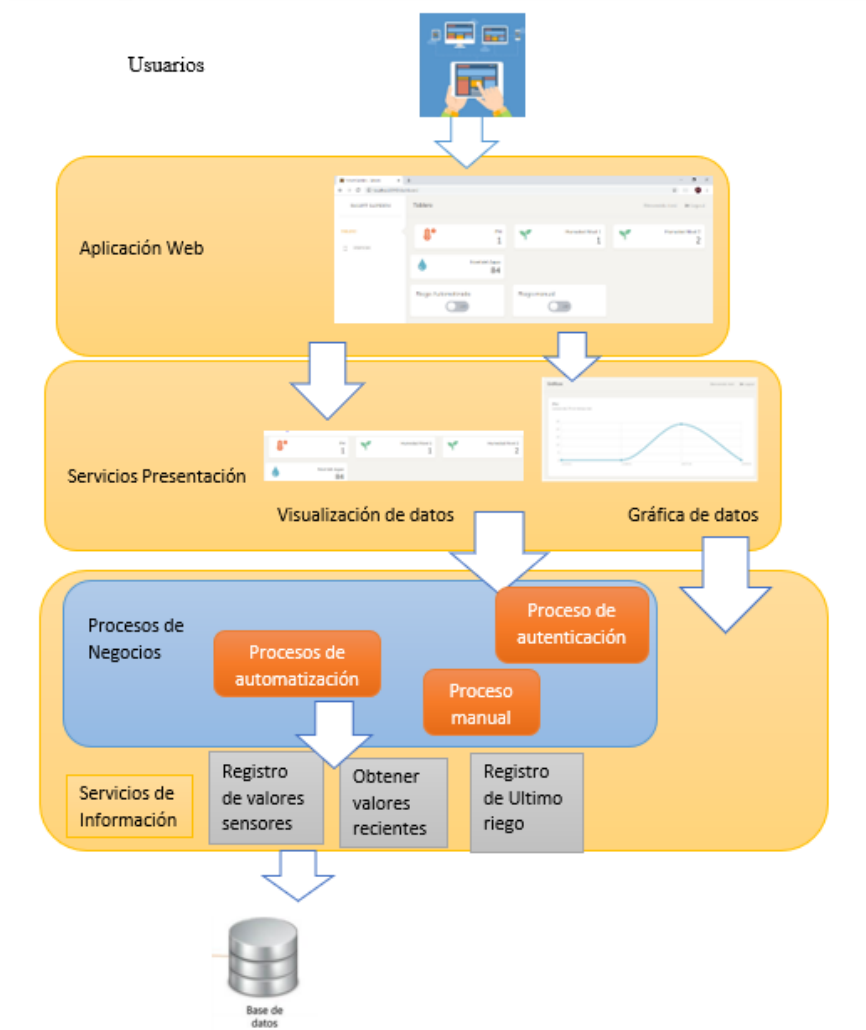


Figura 28. Arquitectura de software de la solución propuesta

Elaborado por: el investigador

La arquitectura de referencia completa lo siguiente:

Usuarios: son los usuarios de la solución propuesta.

Aplicación web: Es un programa de aplicación almacenado en un servidor remoto y se entrega a través de internet por una interfaz del navegador.

Servicios de presentación: son los componentes reutilizables que utiliza la página web que provee un único punto de acceso a una gran variedad de contenido.

Procesos de navegación: son procesos que incorporan servicios atómicos para crear servicios granulares, como por ejemplo el proceso de automatización que integra las

funciones de obtención de valores de los sensores para reutilizarlo en la comparación de los valores y así utilizar la función “prender bomba” para controlar el riego.

Servicios de información: son los servicios atómicos que al unirlos forman servicios de alto nivel.

Base de datos: Almacena datos de una manera organizada para utilizarlos y realizar el análisis de estos y así llegar a la toma de decisiones.

Desarrollo de la interfaz web

La interfaz web.

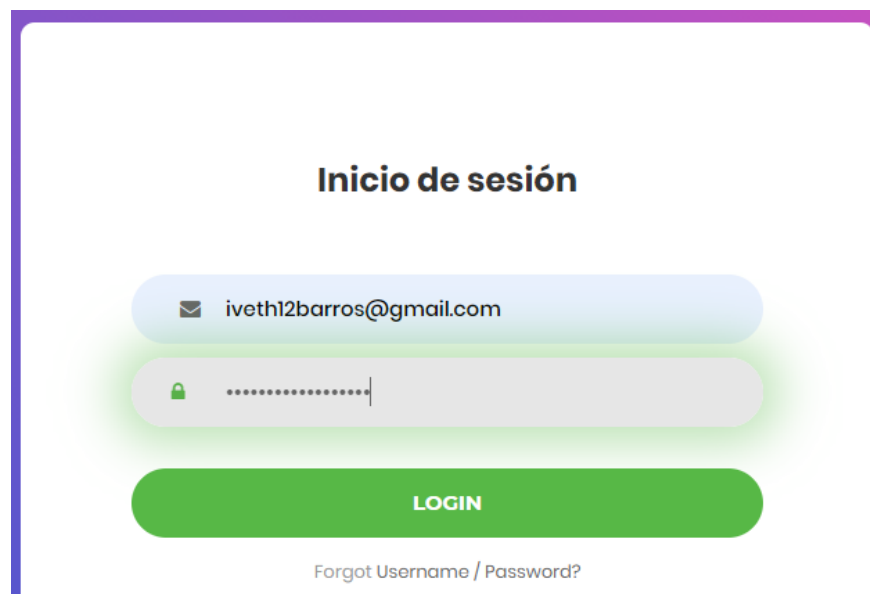


Figura 29. Interfaz de ingreso a la aplicación web

Elaborado por: el investigador

La primera pantalla consta de las credenciales de la tabla de usuario.

Se crearon pantallas adicionales para la recuperación de contraseña.

En el caso que el usuario olvidase su contraseña la interfaz muestra la pantalla Restablecer contraseña Figura 31. Se enviará un mensaje a su correo que le enviará a otra pantalla para ingresar la nueva contraseña Figura 31 y así el usuario podrá ingresar al sistema con la nueva contraseña ingresada.

Se ha enviado un correo electrónico con instrucciones para restablecer su contraseña.

Iniciar sesión

Email

Contraseña

Recuérdame

Iniciar sesión [¿Se te olvidó tu contraseña?](#)

Figura 30. Interfaz recuperación de contraseña

Elaborado por: el investigador

Smart Garden

Restablecer la contraseña

Contraseña

Conformar contraseña

Restablecer la contraseña

Figura 31. Interfaz Restablecer nueva contraseña

Elaborado por: el investigador

Después de iniciar sesión, se lo dirige a la pantalla del tablero que muestra los valores en tiempo real del entorno de sistema.

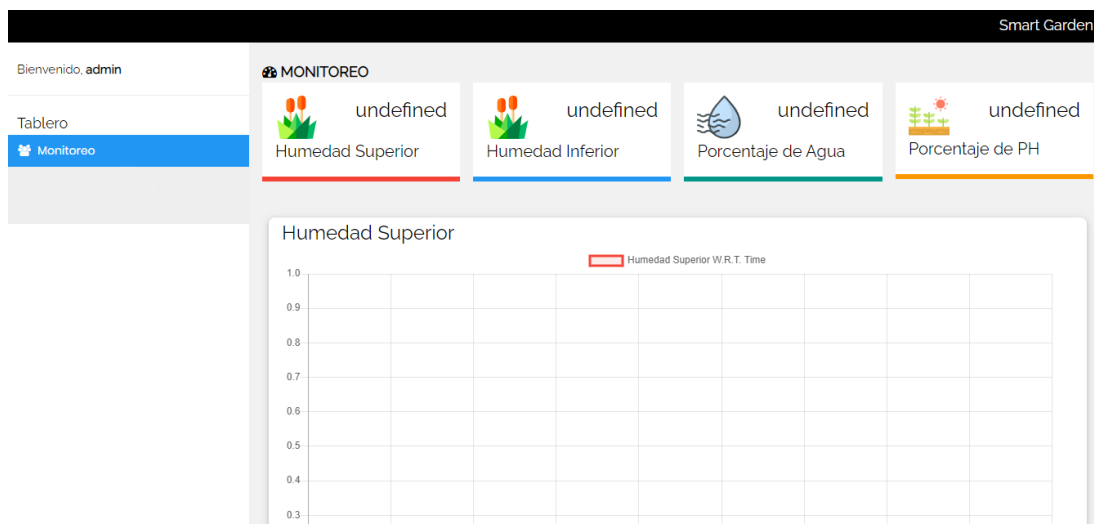


Figura 32. Vista general de la interfaz

Elaborado por: el investigador

Luego es seguido por los dos interruptores. Al encender el primer interruptor de riego automático el segundo interruptor se bloquea, y el sistema regará las plantas cuando los niveles de humedad sean inferiores a 40%. Y al apagarlo, los usuarios pueden elegir el riego manual donde los usuarios pueden regar manual mente las plantas las veces que ellos crean necesario.

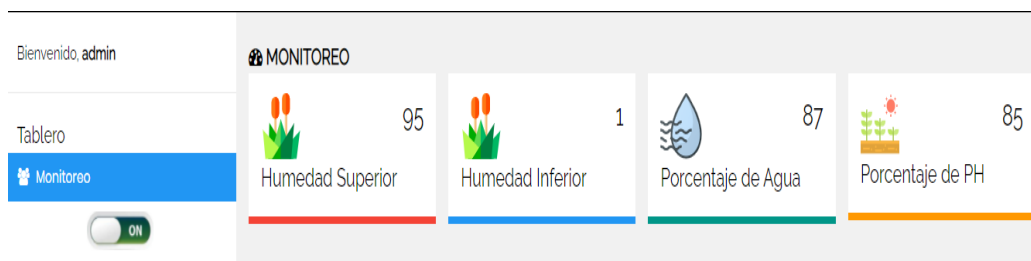


Figura 33. Interfaz de servicios

Elaborado por: el investigador

En la parte inferior de la pantalla se encuentra la parte de gráficos que muestra los datos históricos de los registros de PH, Humedad de la tela, y nivel de la solución nutritiva en el tanque y tiempo en que el sistema se rego.

Cada registro se actualiza constantemente y muestra los valores que se alcanzaron cada día. En la **Figura 34** muestra el cambio en los niveles de pH a lo largo del tiempo. La

Figura 35 muestra el porcentaje de solución nutritiva en el tanque. Se muestra en la **Figuras 36 y 37** los niveles de humedad en los que se encuentra la tela fieltro.

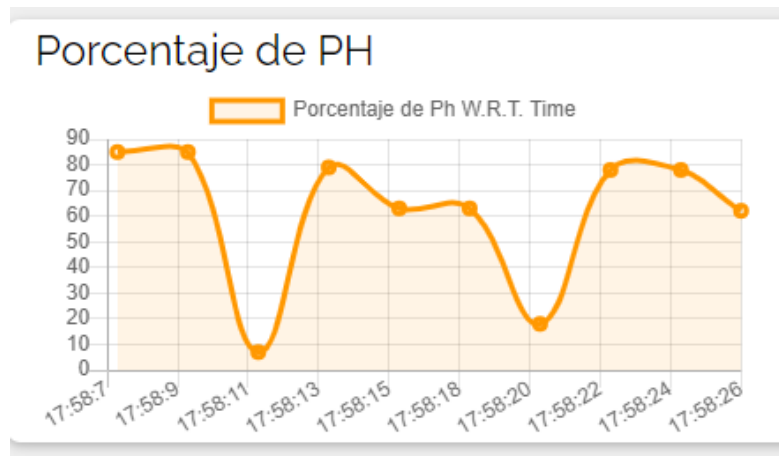


Figura 34. Interfaz gráfica PH

Elaborado por: el investigador

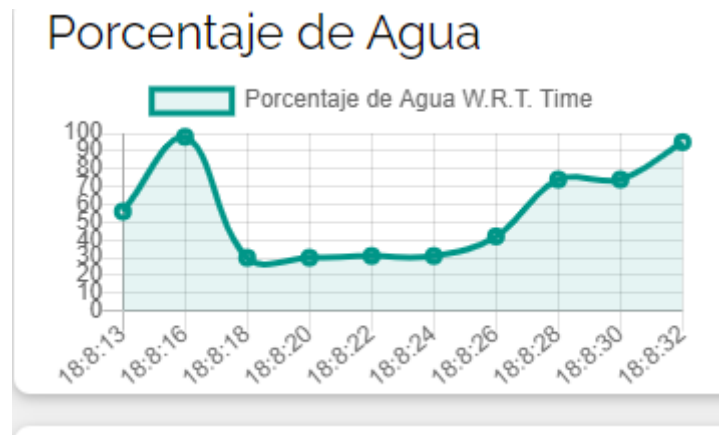


Figura 35. Interfaz gráfica porcentaje de agua

Elaborado por: el investigador

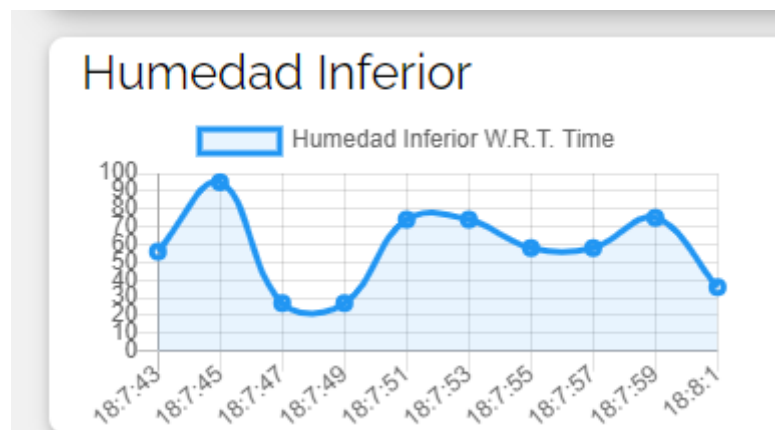


Figura 36. Interfaz gráfica humedad inferior

Elaborado por: el investigador

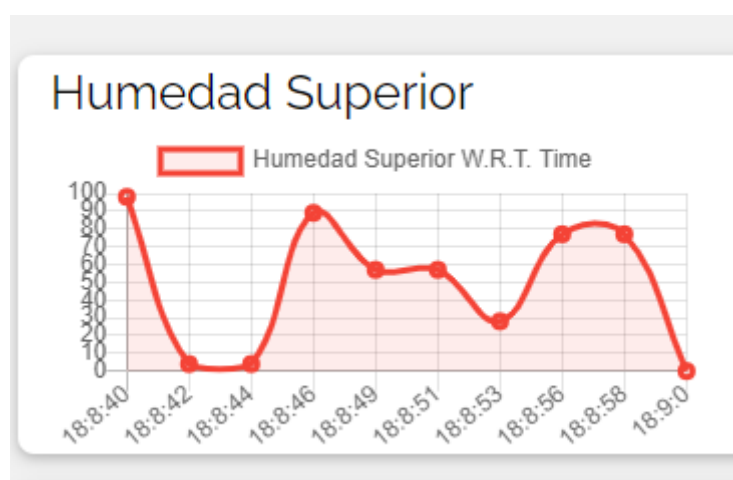


Figura 37. Interfaz gráfica humedad superior

Elaborado por: el investigador

La aplicación web puede funcionar en cualquier dispositivo que cuente con un navegador web, con ayuda de la hoja de estilo CSS que se utilizó, y que permite que la página web se adapte a las dimensiones de la pantalla donde se visualice.

Descripción del proceso automatizado

- Los valores recolectados por los sensores se envían a la base de datos.
- Se toma los valores de la base de datos enviados por los sensores de humedad y se compara el nivel de humedad de la tela.
- Se toma los valores del nivel del agua y se compara si el tanque tiene suficiente solución nutritiva.

- Se comparan los niveles de pH de la solución nutritiva.
- Si no se cumple con una de estas condiciones el sistema envía una alerta por correo electrónico al usuario.
- Si el nivel de humedad de la tela es menor de 40% la bomba sumergible se enciende hasta que el nivel de humedad sea el 100% y la bomba se apaga.
- Si el nivel de solución nutritiva es menor del 50 % (dependiendo del tanque) se enciende una bomba en un segundo tanque y llena el tanque con más solución nutritiva.
- Si se cumple con las condiciones el sistema funciona sin la intervención humana.

Descripción del proceso manual

- Si el usuario apaga el proceso de automatización se habilita el proceso manual, en cuyo caso el usuario controla el sistema directamente.

Materiales y costo

Para el desarrollo de este proyecto se requirió tanto conocimientos sobre procesos de automatización enfocados en el cultivo, así como de componentes electrónicos específicos que permitieron generar una automatización.

El conocimiento se obtuvo a través de la investigación de los repositorios existentes tanto nacionales como internaciones.

Para generar la automatización del sistema se requirió de los siguientes componentes:

Tabla 29. Materiales y costo

| Materiales | Cantidades | Costo Total |
|---------------------|-------------------|--------------------|
| Raspberry PI | 1 | 60 |
| Arduino | 1 | 29 |
| ESP8266 | 1 | 10 |
| Sensores de humedad | 2 | 8 |
| Sensor de PH | 1 | 45 |
| Sensor ultrasónico | 1 | 2 |
| Cable UTP | 5 metros | 3,5 |
| Cable gemelo #16 | 2 metros | 0,8 |
| Protoboard | 1 | 3 |
| Módulo de Relés | 1 | 5 |

| | | |
|-----------------------|-----------|-------|
| Cargadores de celular | 2 | 4 |
| Bomba de agua | 1 | 18 |
| Manguera de riego | 10 metros | 20 |
| Boquillas aspersores | 12 | 4,8 |
| Tubo cuadrado de 1/2 | 2 | 17 |
| Tela Filtro | 2 metros | 3 |
| Plástico | 2 metros | 3 |
| Plantas | 15 | 2 |
| TOTAL | | 236,1 |

Tabla 31. Materiales especializados y costo

| Materiales | Cantidades | Costo Total |
|---------------------------|-------------------|--------------------|
| PC como Servidor | 1 | 700 |
| Arduino | 1 | 29 |
| Teensy 3.6 | 1 | 34 |
| Sensore de humedad Gancon | 2 | 110 |
| Sensor de PH WANZSC | 1 | 57 |
| Sensor de rango laser | 1 | 16 |
| Cable UTP | 5 metros | 3,5 |
| Cable gemelo #16 | 2 metros | 0,8 |
| Diseño de circuito | 1 | 45 |
| Módulo de Relés | 1 | 5 |
| Cargadores de celular | 2 | 4 |
| Bomba de agua | 1 | 25 |
| Manguera de riego | 10 metros | 20 |
| Boquillas aspersores | 12 | 4,8 |
| Tubo cuadrado de 1/2 | 2 | 17 |
| Tela Filtro | 2 metros | 3 |
| Material aislante | 2 metros | 20 |
| Plantas | 15 | 2 |
| TOTAL | | 1096,1 |

El proyecto arroja como resultado un costo bajo comparado con otros sistemas en el mercado, si se hace referencia a la relación costo – beneficio, desarrollar este proyecto genera un gran ahorro para el usuario y le brinda los grandes beneficios de la automatización.

Fase 4. Pruebas

Pruebas de aceptación

Tabla 30. Prueba de aceptación 1 – Página de login

| Prueba de aceptación | |
|--|---|
| Número: 1 | Historia de Usuario: Ingreso a la aplicación web |
| Nombre: Diseño de la interfaz de login | |
| Descripción: El sistema requiere tener una página de login para restringir el acceso a los datos a personas ajenas | |
| Condiciones de ejecución: Ser personal integral encargado del monitoreo | |
| Entrada: Usuario y contraseña generados en el registro | |
| Resultado esperado: Los parámetros ingresados después del proceso de consulta a la base de datos obtienen el permiso para acceder al sistema en caso de existir, caso contrario primero debe generar su registro. | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

Tabla 31. Prueba de aceptación 2 – Página de recuperación

| Prueba de aceptación | |
|--|--|
| Número: 2 | Historia de Usuario: Recuperación de la clave |
| Nombre: Diseño de la interfaz de recuperación de clave | |
| Descripción: El sistema requiere tener una página para poder recuperar la contraseña en caso de que el usuario la olvide | |
| Condiciones de ejecución: Ser usuario previamente registrado | |
| Entrada: Usuario generado en el registro | |
| Resultado esperado: Los parámetros ingresados después del proceso de consulta a la base de datos obtienen un link que les permite establecer la contraseña. | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

Tabla 32. Prueba de aceptación 3 – Controlador de riego

| Prueba de aceptación | |
|---|--|
| Número: 3 | Historia de Usuario: Control automatización del sistema |
| Nombre: Generación de código para el control manual de la bomba | |
| Descripción: El sistema requiere tener un botón dentro de la página de monitoreo que permita controlar manualmente el funcionamiento de la bomba | |
| Condiciones de ejecución: Ser usuario previamente registrado | |
| Entrada: Pulsación del botón | |
| Resultado esperado: Al pulsar el botón se envía un pulso que activa o desactiva la bomba en base a su estado actual | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

Tabla 33. Prueba de aceptación 4 – Controlador de automatización

| Prueba de aceptación | |
|---|--|
| Número: 4 | Historia de Usuario: Control manual del sistema |
| Nombre: Generación de código para el control manual del funcionamiento de la automatización | |
| Descripción: El sistema requiere tener un botón dentro de la página de monitoreo que permita controlar manualmente el funcionamiento del sistema | |
| Condiciones de ejecución: Ser usuario previamente registrado | |
| Entrada: Pulsación del botón | |
| Resultado esperado: Al pulsar el botón se envía un pulso que activa o desactiva el botón de activación de la bomba | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

Tabla 34. Prueba de aceptación 5 – Envío de notificaciones

| Prueba de aceptación | |
|---|---|
| Número: 5 | Historia de Usuario: Envío de notificaciones |
| Nombre: Generación de código para envío de notificaciones a través de correo electrónico | |
| Descripción: El sistema debe enviar notificaciones de correo a sus usuarios al momento de generar el registro o el intento de cambio de contraseña | |
| Condiciones de ejecución: Ser usuario | |
| Entrada: Pulsación del botón | |
| Resultado esperado: Al pulsar el botón en caso de la acción se envía un correo predeterminado | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

Tabla 35. Prueba de aceptación 6 – Visualizador de parámetros

| Prueba de aceptación | |
|---|---|
| Número: 6 | Historia de Usuario: Visualización de datos en tiempo real |
| Nombre: Generación de código necesario para la visualización en tiempo real de los datos captados por los sensores | |
| Descripción: El sistema debe mostrar en tiempo real el cambio que sufren los parámetros dentro del sistema | |
| Condiciones de ejecución: Ser usuario | |
| Entrada: | |
| Resultado esperado: Al abrir la interfaz de monitoreo se visualiza los parámetros sin necesidad de interacción | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

Tabla 36. Prueba de aceptación 7 – graficador de parámetros

| Prueba de aceptación | |
|--|---|
| Número: 7 | Historia de Usuario: Representación gráfica de los datos obtenidos |
| Nombre: Generación de código necesario para generar una gráfica en tiempo real de los datos captados por los sensores | |
| Descripción: El sistema debe mostrar en tiempo real una gráfica del estado y los cambios que sufren los parámetros dentro del sistema | |
| Condiciones de ejecución: Ser usuario | |
| Entrada: | |
| Resultado esperado: Al abrir la interfaz de monitoreo se visualiza la gráfica en tiempo real de los parámetros sin necesidad de interacción | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

Tabla 37. Prueba de aceptación 8 – Cerrar sesión

| Prueba de aceptación | |
|--|--|
| Número: 8 | Historia de Usuario: Salir de la aplicación |
| Nombre: Generación de código necesario cerrar sesión | |
| Descripción: El sistema debe permitir al usuario cerrar su sesión en cualquier momento | |
| Condiciones de ejecución: Ser usuario | |
| Entrada: Al usuario presionar cerrar sesión se debe generar el cierre de sesión | |
| Resultado esperado: El usuario puede cerrar su sesión en cualquier momento a través de un botón | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

Tabla 38. Prueba de aceptación 9 – Almacenamiento en base de datos

| Prueba de aceptación | |
|---|--|
| Número: 9 | Historia de Usuario: Gestión de valores |
| Nombre: Generación de código necesario para almacenamiento de información dentro de la base de datos en un servidor | |
| Descripción: El sistema debe almacenar la información registrada por los sensores dentro de una base de datos alojada en el servidor a la cual se tendrá acceso en caso de ser necesario | |
| Condiciones de ejecución: Ser usuario | |
| Entrada: | |
| Resultado esperado: Todos los parámetros captados por los sensores son almacenados dentro de la base de datos con la hora exacta en que fueron capturados | |
| Evaluación de la prueba: Prueba satisfactoria | |

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Al finalizar este trabajo, se concluyó que la utilización de las tarjetas electrónicas Arduino y Nodecum son las de mayor facilidad de configuración para generar un sistema automatizado, debido a que existe una amplia información sobre sus usos y que poseen la posibilidad de trabajar en dualidad optimizando su funcionamiento.

Se determinó que la utilización de tecnologías como el Arduino y el Raspberry pi permiten el uso de componentes de bajo costo para la toma de medidas y control de actuadores, con estas se puede realizar un monitoreo y control autónomo del sistema de riego, obteniendo así un mejor costo beneficio en comparación de las actuales tecnologías que brindan aportan menos características de automatización.

Se concluyo que con el uso de sensores de bajo costo compatibles con la tarjeta Arduino se puede generar un sistema automatizado en base a medidas obtenidas a través de estos, esta particularidad es propia de los sistemas de automatización, pero llevada a cabo sin la necesidad de utilizar sensores especializados para la toma de medidas.

Se llego a la conclusión de que el sistema realizado con componentes electrónicos de bajo costo aporta gran adaptabilidad razón por la cual puede ser utilizado en cualquier ambiente, esto se comprobó al poner en funcionamiento el sistema dentro de una maqueta con cultivos reales y se obtuvo resultados favorables tanto en los parámetros de calidad del agua, así como el desarrollo de las plantas.

Finalmente se llegó a la conclusión de que el sistema puede ser implementado en estructuras de diferentes tamaños y para su correcto funcionamiento solo se requiere de configuraciones iniciales en base a su escala, así como la necesidad de utilización de otro tipo de bomba de agua a asegurar el óptimo riego a través de todo el sistema.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda generar un único archivo para ser cargado el código final a la tarjeta Arduino, debido a que si un archivo es modificado y subido varias veces al cabo de varias modificaciones el código que será subido funciona de manera incorrecta.

Se recomienda que los tiempos de riego sean estipulados en base a las condiciones ambientales del sitio en el cual se va a instalar el sistema, debido a que se requiere mantener los parámetros evitando el sobre riego para conseguir una mayor economización.

Se recomienda que al utilizar extensiones dentro de Python se realicen las comprobaciones dentro de un ambiente de pruebas, debido a que la instalación e importación de extensiones incompatibles genera errores en el código que no pueden ser resueltos.

Se recomienda diseñar un contenedor impermeable para la colocación de los componentes electrónicos que deben permanecer alejados de cualquier humedad, debido a que con cualquier contacto con líquidos puede ocasionar su avería.

Se recomienda realizar pruebas de riego para establecer la mejor ubicación de los aspersores y así evitar que se generen zonas sin riego.

Bibliografía

- [1] R. M. CARSTEN, “Automatización de un cultivo hidropónico nft para el control de temperatura, riego y mezcla de la solución nutritiva, ubicada en la zona urbana de Quito,” *Tesis*, pp. 1–100, 2017.
- [2] K. Bedón and A. (Universidad de las F. A. E. Tovar, “Implementación de un sistema de control automático con monitoreo a través de la web para la producción de tomate riñón variedad Daniela basado en la agricultura hidropónica y control de riego de agua por goteo en el invernadero localizado en el barrio San,” p. 175, 2016.
- [3] F. J and D. J. D. A, “Smart Plant Growth on Hydroponics using Rain Water Harvesting,” *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-2, no. Issue-3, pp. 1928–1931, 2018.
- [4] سعد يد.ف.ص , “Internet of things (IoT) en la transformación digital de las empresas,” vol. 1, pp. 4–5, 2015.
- [5] G. Anjaly, M. Amina, and K. A. S. Antony, “Crop Health Monitoring using GSM Technology,” no. May, pp. 108–115, 2019.
- [6] R. Sharp *et al.*, “ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO AUTOMATIZADO PARA AUTOCONSUMO DE VEGETALES Y PLANTAS ORNAMENTALES,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–13, 2016.
- [7] R. Mujal Rosas, “Tecnología Eléctrica,” pp. 305–311, 2000.
- [8] “Los circuitos eléctricos | Revista Española de Electrónica.” [Online]. Available: <https://www.redeweb.com/actualidad/los-circuitos-electricos/>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [9] Frank van Steenbergen and A. Tuinhof, “Sensores,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., 2009.
- [10] M. C. Felipe and S. Espinosa, . “INTRODUCCIÓN A LOS MICROCONTROLADORES Microcontroladores,” pp. 15–118, 2019.
- [11] D. Bolaños, “Módulo de relés,” vol. 8, pp. 1–10, 2016.

- [12] D. S. Hermiyanty, Wandira Ayu Bertin, “Curso de Arduino Leccion 1,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 8, no. 9, pp. 1–58, 2017.
- [13] “Esquema eléctrico - Efecto de luces del coche fantástico con Arduino.” [Online]. Available: <https://www.programoergosum.com/cursos-online/arduino/157-efecto-del-coche-fantastico-programado-con-arduino/esquema-electrico>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [14] E. Cardona, D. Steeven, V. Ospina, and D. Mateo, “Raspberry pi : la tecnología reducida en placa,” *Tecnol. en Sist. Inf.*, pp. 1–13, 2019.
- [15] “Para qué sirve Raspberry Pi 3 - Automatización para Todos.” [Online]. Available: <https://www.automatizacionparatodos.com/resenas/raspberry-pi-3/>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [16] A. Bruno, “Esp32 node mcu,” p. 7, 2019.
- [17] E. Invitado, “Internet de las cosas,” 2014.
- [18] “Mapa IoT | Aprendiendo Arduino.” [Online]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/mapa-iot/>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [19] J. Beltrano and D. O. Gimenez, “Introducción al cultivo hidropónico,” *Cultiv. en hidroponía*, vol. 1, no. 978-950-34-1258–9, p. 181, 2015.
- [20] “Guia: Instalación de sistema de riego para muro verde. : : Hydro Environment .: Hidroponia en Mexico.” [Online]. Available: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=339. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [21] “Hidroponía vertical: La pared viva - Hidroponía Casera.” [Online]. Available: <https://www.hidroponiacasera.net/hidroponia-vertical/>. [Accessed: 23-Aug-2021].
- [22] “Sales Concentradas A + B + C + D + (-pH) – Fácil Cultiva.” [Online]. Available: <https://facilcultiva.com/producto/abcdph/>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [23] P. Security, “Informe trimestral 1t05,” vol. 2005, pp. 1–16, 2017.

- [24] Convatec R.L., “5.1. Programación estructurada — Materiales del entrenamiento de programación en Python - Nivel básico,” 2019.
- [25] “Python adelantará a C y Java como lenguaje de programación en cuestión de años | Tecnología - ComputerHoy.com.” [Online]. Available: <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/python-adelantara-c-java-como-lenguaje-programacion-cuestion-anos-437455>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [26] R. Mendez, “Conceptos básicos de Javascript,” *Javascript, Web Php, Conoc. Men, Rafael Asensio, Barzanallana*, no. 1, pp. 1–46, 2019.
- [27] “JavaScript - Tutoriales en PDF.” [Online]. Available: <https://tutorialesenpdf.com/javascript/>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [28] “Aprendizaje jinja2.”
- [29] “Cómo declarar la variable Jinja2 en el matraz de Python.” [Online]. Available: <https://webisfree.com/2017-11-29/python-flask에서-jinja2-변수-선언하는-방법>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [30] R. J. T. Dayer, “Learning MySQL and MariaDB.”
- [31] “MariaDB, el software libre y el lucro cesante » Enrique Dans.” [Online]. Available: <https://www.enriquedans.com/2013/05/mariadb-el-software-libre-y-el-lucro-cesante.html>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [32] “Flask.”
- [33] “Construcción de una API de predicción con Flask, Inteligencia Artificial y Python - Mi Diario Python.” [Online]. Available: <https://pythondiario.com/2018/08/construccion-de-una-api-de-prediccion.html>. [Accessed: 20-Aug-2021].
- [34] “Chartist - Gráficos responsivos simples.” [Online]. Available: <https://gionkunz.github.io/chartist-js/>. [Accessed: 06-Aug-2021].
- [35] J. Garcia, B. Jorge, P. Salazar, and D. P. De Valencia, “Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software.”

- [36] P. Salazar, “Metodologías Ágiles,” 2014.
- [37] “Qué es Kanban y cómo aplicarlo al desarrollo de software.” [Online]. Available: <https://profile.es/blog/que-es-kanban-y-como-aplicarlo-al-desarrollo-de-software/>. [Accessed: 23-Aug-2021].
- [38] “Metodología Kanban: revoluciona tu manera de trabajar más ágil.” [Online]. Available: <https://blog.trello.com/es/metodologia-kanban>. [Accessed: 23-Aug-2021].
- [39] “¿Cómo Aplicar el Método Kanban? Características y Ventajas.” [Online]. Available: <https://apiumhub.com/es/tech-blog-barcelona/metodo-kanban-ventajas/>. [Accessed: 23-Aug-2021].
- [40] “Hidroponía Tamaño del mercado y participación, crecimiento, tendencias y pronósticos | Impacto del COVID-19 en el mercado hidroponía | Mercados y Mercados.” [Online]. Available: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/hydroponic-market-94055021.html>. [Accessed: 08-Aug-2021].
- [41] “La última década y el futuro del impacto de la IA en la sociedad | OpenMind.” [Online]. Available: <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/la-ultima-decada-y-el-futuro-del-impacto-de-la-ia-en-la-sociedad/>. [Accessed: 02-Sep-2021].
- [42] “Hidroponía de cosecha propia.” [Online]. Available: <https://extension.psu.edu/homegrown-hydroponics>. [Accessed: 02-Sep-2021].
- [43] “Diseño e implementación de un sistema automatizado para invernadero Hidropónico,” 2017.