



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Ibarra

ESCUELA DE INGENIERÍA
INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:
“Prototipo de automatización de un sistema de riego controlado con comunicación inalámbrica e internet de las cosas (IOT)”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN SISTEMAS

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Domótica y Comunicaciones

AUTOR: ALEXANDER PAUL TORRES QUINCHIGUANGO
ASESOR: LUIS DAVID NARVAEZ ERAZO

IBARRA, DICIEMBRE 2021

Ibarra, 13 de diciembre del 2021

Mgs. Luis David Narváez Erazo
ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ingeniería, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines

(f)


Mgs. Luis David Narváez Erazo

C.C.: 100286837-8

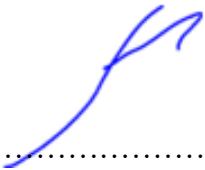
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): 

PhD. Dulce Milagro Rivero Albarrán

C.C.: 17576089-1

(f): 

PhD. Francklin Iván Rivas Echeverría

C.C.: 105706379-5

(f): 

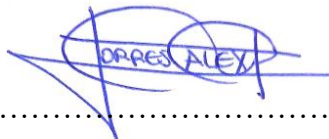
Mgs. Luis David Narváez Erazo

C.C.: 100286837-8

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Alexander Paul Torres Quinchiguango, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 13 de diciembre del 2021



f):

Alexander Paul Torres Quinchiguango

C.C.: 100364893-6

AUTORÍA

Yo, Alexander Paul Torres Quinchiguango, portador de la cédula de ciudadanía N° 1003648936, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del (los) autor (es), y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): 

Alexander Paul Torres Quinchiguango

C.C.: 100364893-6

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Alexander Paul Torres Quinchiguango, con CC: 1003648936, autor del trabajo de grado intitulado: “Prototipo de automatización de un sistema de riego controlado con comunicación inalámbrica e internet de las cosas (IOT)”, previo a la obtención del título profesional de Ingeniero en Sistemas, en la Escuela de Ingeniería

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 13 de diciembre del 2021

(f.)


Alexander Paul Torres Quinchiguango

C.C. 100364893-6

CERTIFICACIÓN ANTIPLAGIO

Yo Luis David Narváez Erazo, declaro que luego del proceso de revisión en el sistema antiplagio TURNITIN el porcentaje de similitud del trabajo de titulación denominado: **PROTOTIPO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA E INTERNET DE LAS COSAS (IOT)**, es del 8%, de acuerdo al documento 1724422017.

En base a lo anterior, considero que el trabajo de titulación NO ☐ SÍ ☒ cumple los requisitos de originalidad y autenticidad, de acuerdo con los requisitos establecidos por la ley.

Ibarra, 13 diciembre del 2021



(f)
Mgs. Luis David Narváez Erazo
C.C.: 100286837-8

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	19
ABSTRACT	20
CAPITULO I	21
INTRODUCCIÓN	21
CAPITULO II.....	22
OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo General:	22
2.2. Objetivos Específicos:.....	22
CAPITULO III	23
ESTADO DEL ARTE.....	23
3.1. Antecedentes	23
3.2.Relación Agua-suelo-planta	25
3.2.1. Suelo.....	25
a) Movimiento del agua en el suelo	25
b) Estado de disponibilidad del agua	26
3.3.Necesidades hídricas de los cultivos.....	27
3.4.Componentes Evapotranspiración	27
a) Evaporación (E):	27
b) Transpiración (T):	27
c) Evapotranspiración (ET):.....	28
3.4.1. Factores que afectan a la evapotranspiración.....	28
a) Variables climáticas	28
b) Factores de cultivo	28

c) Manejo y condiciones ambientales	29
3.5.Determinan la evapotranspiración	29
3.6.Ecuación de FAO PENMAN-MONTEITH	29
3.6.1. Datos	31
3.7.Sistema de Riego.....	31
3.7.1. Métodos de Riego.....	31
3.7.2. Requerimiento de riego.....	32
3.7.3. Volumen de agua por planta.....	32
3.7.4. Tiempo de riego	33
3.8.Sistema automatizado de riego.....	34
3.8.1. Elementos del sistema.....	34
a) Unidad de control:.....	34
3.9.Tecnología inalámbrica Zigbee	35
3.9.1. Módulo XBee.....	35
3.9.2. Elementos de una Red Zigbee	37
3.9.3. Redes de sensores inalámbricos	37
3.9.3.1. Arquitectura (WSN).....	38
3.9.3.2. Características.....	38
3.10. Internet de las cosas (IOT)	38
3.10.1. Microcontroladores	39
a) Hardware Arduino.....	39
b) Características técnicas.....	40
3.10.2. Shields para Arduino.....	41
a) Xbee Shield.....	41
3.10.3. Sensores	41

a) Sensor de humedad dht11	41
b) Sensor de humedad YL-69.....	42
3.10.4. Actuator.....	43
a) Electroválvula Cepex S390.....	43
3.11. Software.....	44
3.11.1. Arquitectura.....	44
a) Modelo vista controlador	44
3.11.2. Base de datos	45
a) Diseño de la base de datos	45
b) Modelo Entidad relación.....	46
c) Sistema de Gestor de Base de datos.....	46
d) MySQL.....	46
3.11.3. Node JS	47
a) Plataforma de desarrollo Express	47
CAPÍTULO IV	48
MATERIALES Y MÉTODOS	48
4.1. Tipo de investigación.....	48
4.2. Metodología de desarrollo.....	48
a) Exploración.....	48
b) Planificación	49
c) Desarrollo	49
d) Producción.....	50
4.2.1. Desarrollo de la propuesta	50
4.2.2. Tipos de Usuario.....	50
4.2.3. Historia de usuario	50

4.2.4. Descripción General.....	53
a) Perspectiva del producto	56
b) Funcionalidad del producto.....	56
c) Características de los usuarios.....	61
d) Restricciones de la aplicación.	62
4.2.5. Requisitos específicos	63
a) Requisitos comunes de interfaces.....	63
☐ Interfaces de Usuario	63
☐ Interfaces de hardware	63
☐ Interfaces de Software	65
Interfaces de comunicación.....	66
b) Requerimientos Funcionales	66
c) Requerimientos no Funcionales.....	67
☐ Mantenibilidad	67
☐ Fiabilidad.....	67
☐ Disponibilidad.....	67
☐ Soporte	67
4.2.6. Diseño del proyecto	68
a) Propósito.....	68
b) Personal involucrado	68
c) Especificaciones de los casos de uso	69
☐ Casos de Uso de la aplicación	70
☐ Modelo base de datos	77
☐ Diagramas de procesos	78
☐ Diagrama de componentes	80

4.2.7. Pruebas del sistema	81
CAPÍTULO V	87
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	87
5.1. Resultados de la investigación.....	87
a) Interfaz inicio	87
b) Interfaz inicio de sesión	87
5.2. Interfaces del Módulo Administrativo	88
a) Interfaz Usuario	88
b) Interfaz Rol	89
5.3. Interfaces del Módulo gestión datos climatológicos.....	90
5.4. Interfaz del Módulo Riego cultivo	91
a) Interfaz registrar riego cultivo	91
b) Interfaces activar electro válvula manual.....	92
c) Interfaces Riego Automatizado	93
d) Interfaz Fórmula.....	94
5.5. Interfaces del Módulo gestión cultivo	94
a) Interfaz de cultivo	94
b) Interfaz de actualidad de cultivo.....	95
5.6. Interfaces Módulo visualización	95
5.7. Interfaz de hardware	96
CAPÍTULO VI	98
CONCLUSIONES	98
CAPÍTULO VII	99
RECOMENDACIONES	99
CAPÍTULO VIII.....	100

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
CAPÍTULO IX	103
ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Datasheet del Módulo XBee.....	36
<i>Figura 2:</i> Elementos de una red ZigBee.....	37
<i>Figura 3:</i> Visión del internet de las cosas (IOT).....	39
<i>Figura 4:</i> Tipos de Arduino.....	40
<i>Figura 5:</i> Especificaciones de tipos de Arduino.	40
<i>Figura 6:</i> Módulo Xbee Shield.....	41
<i>Figura 7:</i> Sensor de humedad dht11,	42
<i>Figura 8:</i> Sensor de humedad YL-69.....	42
<i>Figura 9:</i> Electroválvula Modelo 96.....	43
<i>Figura 10:</i> Arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC).....	44
<i>Figura 11:</i> Vista general del sistema y componentes.	57
<i>Figura 12:</i> Diseño de la red de sensores inalámbricos.	58
<i>Figura 13:</i> Manejo procesamiento y visualización de los datos.....	59
<i>Figura 14:</i> Caso de uso administrativo.....	69
<i>Figura 15:</i> Caso de uso agricultor.	70
<i>Figura 16:</i> Modelo de base de datos	78
<i>Figura 17:</i> Diagrama de proceso del usuario administrativo.	79
<i>Figura 18:</i> Diagrama de procesos del usuario agricultor.....	80
<i>Figura 19:</i> Diagrama de componentes del sistema.....	81
<i>Figura 20:</i> Interfaz inicio del sistema.	87
<i>Figura 21:</i> Interfaz inicio de sesión.	88
<i>Figura 22:</i> Interfaz de usuario.	88
<i>Figura 23:</i> Interfaz registro rol.	89

Figura 24: Interfaz asignación módulos del sistema.....	89
Figura 25: Interfaz gestión datos climatológicos humedad suelo.	90
Figura 26: Interfaz gestión datos climatológicos humedad relativa.....	90
Figura 27: Interfaz gestión sensor temperatura.	91
Figura 28: Interfaz registrar riego cultivo	91
Figura 29: Interfaz activación electroválvula manual.....	92
Figura 30: Interfaz riego manual activado.	92
Figura 31: Interfaz activación automática riego	93
Figura 32: Interfaz activación electroválvula automática.	93
Figura 33: Interfaz fórmula PENMAN-MONTEITH.....	94
Figura 34: Interfaz gráfica cultivos	94
Figura 35: Interfaz gestión riego cultivo.....	95
Figura 36: Interfaz visualización volumen de agua de un cultivo.....	96
Figura 37: Interfaz de hardware nodo coordinador.....	96
Figura 38: Interfaz de hardware nodo suelo A y B.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	30
Tabla 2.	49
Tabla 3.	51
Tabla 4.	51
Tabla 5.	52
Tabla 6.	52
Tabla 7.	53
Tabla 8.	60
Tabla 9.	61
Tabla 10.	61
Tabla 11.	62
Tabla 12.	64
Tabla 13.	66
Tabla 14.	66
Tabla 15.	66
Tabla 16.	67
Tabla 17.	67
Tabla 18.	68
Tabla 19.	68
Tabla 20.	69
Tabla 21.	70
Tabla 22.	71
Tabla 23.	71
Tabla 24.	72

Tabla 25.	72
Tabla 26.	73
Tabla 27.	73
Tabla 28.	74
Tabla 29.	75
Tabla 30.	75
Tabla 31.	76
Tabla 32.	76
Tabla 33.	77
Tabla 34.	81
Tabla 35.	82
Tabla 36.	82
Tabla 37.	82
Tabla 38.	83
Tabla 39.	83
Tabla 40.	83
Tabla 41.	84
Tabla 42.	84
Tabla 43.	84
Tabla 44.	85
Tabla 45.	85
Tabla 46.	85
Tabla 47.	86
Tabla 48.	86
Tabla 49.	86

ANEXOS

Anexo 1: Tablero coordinador	103
Anexo 2: Implantación de sistema de riego por goteo.....	103
Anexo 3: Implantación de los nodos	104
Anexo 4: Sistema de riego activado	104
Anexo 5 : Formato de entrevista	105
Anexo 6:Certificado turnitin.....	106
Anexo 7:Carta de Aceptación.....	107
Anexo 8: Sitio web de descarga node js	108
Anexo 9 :Página oficial de descarga IDE Arduino.....	108
Anexo 10:Página oficial de descarga XCTU	109
Anexo 11:Circuito electrónico nodo humedad suelo A	109
Anexo 12:Codificación nodo humedad suelo A.....	110
Anexo 13:Circuito electrónico nodo humedad suelo B.	111
Anexo 14:Codificación nodo humedad suelo B.....	112
Anexo 15:Circuito electrónico nodo coordinador.	113
Anexo 16:Codificación nodo coordinador.....	113
Anexo 17:Configuración Xbee S2 como coordinador.....	114
Anexo 18:Configuración módulo Xbee S2 como dispositivo final.	115

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evidenciar el proceso de investigación para la automatización de un sistema de riego controlado con comunicación inalámbrica e internet de las cosas (IOT) y la incorporación de Hardware libre Arduino.

Hoy en día estamos viviendo grandes cambios a causa de los avances tecnológicos; La interconectividad de objetos cotidianos con cualquier tipo de conexión (WiFi, bluetooth, cable, etc.) ha permitido intercambiar información con el fin de controlar diferentes elementos inteligentes de manera remota, así como recibir alertas y conocer el estado de los dispositivos (IoT). Gracias a este tipo de tecnologías la agricultura no podría ser ajena a esta realidad por lo que se propuso automatizar un sistema de riego el cual se detalla a continuación.

Para el desarrollo de dicho proyecto se ha dispuesto de una secuencia de capas; La primera capa consta de una red de sensores, encargados de obtener datos como: humedad del suelo, humedad relativa y temperatura; La capa siguiente, enviará los datos recolectados a través de una comunicación inalámbrica Xbee bajo el protocolo estandarizado IEEE 802.15.4. a un nodo central.

La siguiente capa consta de un servidor cliente el cual recibirá los datos y los enviará al servidor local para posteriormente almacenar, gestionar y visualizar dicha información; finalmente la última capa enviará la información al nodo central, la cual permitirá la apertura de la electroválvula de riego ON/OFF de manera automatizada.

De esta manera se consiguió llevar un control de riego en un cultivo, con la finalidad de reducir el esfuerzo humano, suministrando la cantidad de agua necesaria que requiere un cultivo y lo más importante evitar el desperdicio del recurso hídrico.

Palabras clave. Automatización, Internet de las Cosas, Hardware libre, Xbee, Sistema de Riego.

ABSTRACT

The objective of this document is to demonstrate the research process for the automation of a controlled irrigation system with wireless communication and the internet of things (IOT) and the incorporation of free Arduino Hardware.

Today we are experiencing great changes due to technological advances. The interconnectivity of everyday objects with any type of connection (WiFi, bluetooth, cable, etc.) has made it possible to exchange information in order to control different smart elements remotely, as well as receive alerts and know the status of devices (IoT). Thanks to this type of technology, agriculture could not be oblivious to this reality, so it is proposed to automate an irrigation system which is detailed below.

For the development of this project, a sequence of layers has been arranged; The first layer consists of a network of sensors, responsible for obtaining data such as: soil humidity, relative humidity and temperature. The next layer will send the collected data through Xbee wireless communication under the standardized IEEE 802.15.4 protocol. To a central node.

The next layer consists of a client server which receives the data and sends it to the local server to later store, manage and view said information; finally, the last layer will send the information to the central node, which will allow the automatic opening of the irrigation solenoid valve ON/ OFF.

In this way it is possible to keep an irrigation control in a crop in order to reduce human effort, supply the necessary amount of water that a crop requires and, most importantly, avoid wasting water resources.

Keywords. Automation, Internet of Things, Free Hardware, Xbee, Irrigation System.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el mundo globalizado que vivimos, con la innovación tecnología en distintas áreas, la agricultura no podría ser ajena a esta realidad, la automatización de un sistema de riego, permite suministrar la cantidad necesaria de agua, humedeciendo el suelo hasta la profundidad requerida por el cultivo, de esa forma obtener un producto de calidad y a la vez dar un aprovechamiento óptimo al agua que es fundamental para los seres vivos.

En la actualidad existen diferentes sistemas de riego que son utilizados en la agricultura como, por ejemplo: riego por goteo, riego por aspersión y riego subterráneo, con finalidad de mejorar los procesos en el campo agrícola. El Gobierno Autónomo Descentralizado de Imbabura (2017, pág. 9) indica que “la gestión de los sistemas de riego de la provincia, garantizando la soberanía alimentaria y la agro-exportación.

Los métodos de riego poco eficientes, causa pérdida de cultivos, consumo excesivo de agua, generando gastos económicos y lo más principal el desperdicio del líquido vital, provocando cada vez más escasez de este recurso hídrico. En la actualidad, alrededor de quinientos millones de personas sufren gran escasez de agua durante todo el año. Y se espera que para el año 2025 la mitad de la población mundial viviría en zonas afectadas por el estrés hídrico (Organization, 2020).

El internet de las cosas (IOT) permitirá, la automatización de procesos, con la ayuda dispositivos tecnológicos conectados entre sí, para la toma decisiones acertadas en el menor tiempo posible. Andrés Moisés (2018, pág. 13) afirma que: “Los sistemas IOT implica adquisición de datos de sensores y la entrega de órdenes a dispositivos que interactúan o forman parte del mundo real”.

Tomando en cuenta lo antes mencionado surge la necesidad de desarrollar un prototipo de automatización de sistema riego, el cual obtendrá datos como: humedad suelo, humedad relativa y temperatura, del entorno de un cultivo para la gestión y control de riego mediante una aplicación web con la finalidad de suministrar la cantidad de agua necesaria para el cultivo y de esa manera dar el correcto manejo del recurso hídrico.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo General:

- Realizar un prototipo de automatización de los procesos de riego mediante Internet de las Cosas (IOT) y comunicaciones inalámbricas para el control adecuado de cultivos en la parroquia de San Pablo del lago.

2.2. Objetivos Específicos:

- Analizar la información actual mediante el método de investigación bibliográfica acerca de los procesos de riego en un cultivo para posteriormente estructurarlo en el estado de arte del sistema propuesto.
- Realizar el análisis técnico de cultivos que permita determinar los procesos, técnicas y mecanismos para la implantación de un prototipo de automatización de control de riego.
- Desarrollar un aplicativo web que permita visualizar datos climatológicos del cultivo para llevar un control adecuado y suministrar la cantidad necesaria de agua.
- Validar el tablero de instrumentos y sitio web mediante prueba funcionales para determinar el funcionamiento del prototipo de automatización de riego mediante conexión inalámbrica e IOT, análisis de los resultados.

CAPITULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Antecedentes

En este capítulo se sustenta la investigación documental, que fue recopilada de distintas fuentes bibliográficas, la cual sirve de ayuda para el análisis, comprensión y desarrollo del sistema propuesto; por otra parte, contribuirá información acerca de métodos y técnicas de riego.

Existen diferentes proyectos de investigación que han considerado implementar las nuevas tecnologías como base fundamental para el desarrollo e innovación en la agricultura.

A continuación, se expone el análisis de trabajos que contribuyen a la investigación planteada.

Ascencios et. Al (2020), en su trabajo de “Calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un microcontrolador Arduino, diseña una red de detección inalámbrica”. La cual a través de un conjunto de sensores recolecta datos como: temperatura, humedad relativa, radiación solar y humedad de suelo de un invernadero. Los datos recolectados se transmiten mediante un módulo *bluetooth* HC-05 a un aplicativo de desarrollo llamado “Ardunalm” para facilitar la gestión del riego, con la finalidad del ahorro y uso eficiente del recurso hídrico.

El proyecto de automatización de riego por goteo fue implantado de forma subterráneo en un campo de césped, el cual redujo el consumo de agua, ahorro tiempo, disminuyo el esfuerzo humano y a la vez los costos de implementación, ya que dicho sistema está construido con microcontroladores Arduino que son económicos y de software libre.

Pardo Solano & Casa Yanguicela (2020), implementa la automatización de un “Sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del centro experimental de universidad técnica de Cotopaxi”. Este proyecto cuenta con sensores de

humedad y electroválvulas, ubicados en distintas partes del invernadero. El sensor se encarga de detectar la humedad y visualizarla en un tablero a fin de controlar la humedad relativa para posteriormente realizar el proceso de apertura o cierre de electroválvulas de forma manual o automática.

Con la implementación del sistema mejoró la eficiencia de riego, es decir dedujo el consumo de agua, en un 50% y aumentó la productividad de los cultivos bajo invernadero.

Cadena (2020), diseñó un “Sistema para el control de riego mediante técnicas de aprendizaje automático utilizando redes neuronales”. Para determinar la cantidad necesaria de agua que requiere la planta para lograr una mejora en la producción agrícola. La red de sensores recolecta datos como: temperatura ambiental, humedad del piso, humedad relativa, niveles de iluminación y niveles de CO₂ y se envían de forma inalámbrica para ser analizados mediante el algoritmo de aprendizaje automático y determinar si el cultivo requiere o no de riego de agua.

Con la implantación de proyecto mencionado anteriormente se obtuvo cambios positivos en el desarrollo del cultivo, ya que las plantas alcanzan un mayor tamaño, la cantidad de hojas es mayor y de color mucho más verde.

Lucero (2020), implemento un “Sistema automatizado para el cultivo en Aeroponía de hortalizas con la finalidad de ayudar al mejoramiento productivo y lograr una autonomía en su funcionamiento”. Los parámetros monitoreados por los sensores son: tiempos de riego, nivel del agua, pH en la solución nutritiva, temperatura y humedad, que son enviados a un microcontrolador Arduino en donde se analiza la información recolectada para tomar las acciones correspondientes con el sistema.

Debido a las condiciones geográficas donde se implantó dicho sistema, donde no se cuenta con alguna señal cableada de internet fue necesario usar una comunicación remota (Shield GSM GRPS SIM900) para conocer el estado del cultivo.

El presente trabajo se desarrolló un prototipo de automatización de un sistema de riego controlado con comunicación inalámbrica aplicando internet de las cosas (IOT de sus

siglas del inglés *internet of things*), el cual consta de una secuencia de capas: la primera capa al igual que los proyectos mencionados anteriormente tendrá una red de sensores que recolectan datos como: humedad relativa, humedad del suelo y temperatura, la capa siguiente se encarga de enviar los datos recolectados a un punto central, una tercera como servidor web para gestionar los datos y la última capa se encarga de activar un actuador para OFF/ON de la electroválvula.

Al igual que los proyectos mencionados este trabajo tiene finalidad de evitar el consumo excesivo de agua, reducir el esfuerzo humano, disminuir costos de implantación y lograr cambios positivos en el desarrollo del cultivo.

3.2. Relación Agua-suelo-planta

Las plantas son de un 90% de agua, el suelo el depósito de almacenamiento de aire, agua y nutrientes, los cuales son absorbidos por las raíces para seguidamente ser transportados por toda la planta y de esa manera mantener sus procesos vitales funcionando correctamente.

Estos elementos cumplen con el papel de dar soporte al crecimiento de la vida vegetal, ser contenedor de agua y sustancias nutritivas que son indispensables para el desarrollo de la agricultura.

3.2.1. Suelo

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es un recurso natural e importante para el ser humano, debido a que permite fijar las raíces las cuales se encargaran de buscar la humedad y nutrientes necesarios para el proceso de crecimiento, según Thompson & Troeh, (1988), dice que: “Los residuos vegetales y animales retornan al suelo, donde son esencial para el suelo y el suelo esencial para la vida”

a) Movimiento del agua en el suelo

La humedad del suelo varía debido a los movimientos del agua, la cantidad de agua presente en el suelo que está disponible para la producción de cultivos dependerá de cuánta agua suministrada ya sea por lluvia o riego, el agua del suelo se pierde a causa de

la evaporación, drenaje profundo y el volumen de absorción de agua que requiere una planta (Shaxson & Barber, 2008).

La cantidad de agua que se suministra en un cultivo altera la humedad del suelo; al mismo tiempo influyen en crecimiento vegetativo, cabe mencionar que si la cantidad es excesiva el crecimiento de la planta se ve afectado proporcionalmente y no se puede lograr el cultivo esperado.

b) Estado de disponibilidad del agua

La disponibilidad de agua a medida que el suelo se seca determina la mayor o menor dificultad que tienen las raíces para absorberla (FAO, 2006). Es por eso que debe haber un equilibrio entre el agua disponible y las necesidades de la planta a continuación se detalla los estados de disponibilidad:

- **Saturación:** el suelo se encuentra saturado cuando todos los poros del suelo, están ocupados de agua.
- **Capacidad de campo (C.c.):** cuando por gravedad se ha eliminado el agua excedente de la saturación, esto va hacia el subsuelo hasta encontrar un punto de equilibrio, lo cual significa que el suelo está en la capacidad de campo.
- **Humedad utilizable:** es la fracción límite de cantidad de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez.
- **Punto de marchitez (P.m.):** cuando la cantidad de agua es menor que la capacidad de campo a causa de la evapotranspiración, significa que la planta ha alcanzado un punto de marchitez ya que no pueden absorber los nutrientes y satisfacer sus necesidades hídricas.
- **Humedad no utilizable:** es todo lo que no requiera cantidades de agua para la planta.

3.3. Necesidades hídricas de los cultivos

Las necesidades hídricas de los cultivos según Yugueros (2017), afirma que son: “El clima, las características del cultivo y el medio de desarrollo son factores que afectan a la evaporación y transpiración”.

Lo antes mencionado permite deducir que un cultivo depende de distintos factores climatológicos y físicos; las necesidades hídricas permiten conocer la cantidad de agua que pierde superficialmente y a nivel subterráneo una parcela, con la finalidad de determinar el volumen de agua que los cultivos necesitan para alcanzar un correcto desarrollo.

3.4. Componentes Evapotranspiración

El estudio en conjunto de los problemas físicos de la evaporación de los suelos y el consumo de las plantas (problemas agronómicos), se dan con la finalidad de conocer la cantidad óptima de agua que requiere un cultivo, para que definir puntualmente los siguientes procesos que se relacionan y dan con resultado la Evapotranspiración.

a) Evaporación (E):

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006, pág. 2), menciona que “La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie (remoción de vapor).”

Como se menciona la evaporación se define como un proceso físico, que se encarga que el agua cambie de estado y retornar a la atmósfera en forma de vapor, en este proceso intervienen factores climatológicos como: temperatura, radiación solar, humedad del aire, velocidad del viento, textura y estructura de suelo.

b) Transpiración (T):

Según Baroja (2017), afirma que la planta absorbe por las raíces el agua y los minerales necesarios para transportarlas hasta las hojas donde se transforman en vapor y pasan a la atmósfera, este proceso se llama transpiración.

Chávez (2016), la transpiración ocurre a través de las estomas de las hojas, tallos y frutos, al abrir y cerrarse las estomas se logra un equilibrio entre la absorción de dióxido de carbono para la fotosíntesis y generar la pérdida de agua por la transpiración.

c) Evapotranspiración (ET):

Según la FAO (2006, pág. 7), afirma que “Cuando no existe un manejo óptimo y se presentan límites ambientales que afectan al máximo el crecimiento del cultivo y que restringen la evapotranspiración”.

La cantidad de agua que requieren las plantas depende del tipo de clima, cultivo y suelo, la transpiración y evaporación trabajan paralelamente para lograr la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. La evapotranspiración es un componente fundamental para el balance hídrico y un factor importante para la interacción de la superficie y la atmósfera.

3.4.1. Factores que afectan a la evapotranspiración

Los factores que afectan la evapotranspiración son algunos como menciona la (FAO, 2006, págs. 5,6).

a) Variables climáticas

Los principales factores climatológicos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. La fuerza evaporaría de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración.

b) Factores de cultivo

El tipo, la variedad de cultivo y la etapa de desarrollo son importantes cuando se evalúa la evapotranspiración de un cultivo bajo condiciones estándar (ET), se refiere a la demanda de evaporación de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas bajo condiciones óptimas de agua en el suelo.

c) Manejo y condiciones ambientales

Los factores como baja fertilidad del suelo, uso de fertilizantes, ausencia de control de enfermedades de parásitos y el mal manejo del suelo puede limitar el proceso de desarrollo un cultivo y reducir la evapotranspiración, las prácticas del cultivo y el método de riego permiten alteran el microclima de una parcela con la finalidad de realizar ajustes que reflejan el efecto del ambiente y del manejo de las condiciones de campos.

3.5. Determinan la evapotranspiración

Valverde (2007), menciona que la medición de la evapotranspiración de un cultivo (ET cultivo), se da por los parámetros de evapotranspiración de referencia y el coeficiente de cultivo.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$ET(\text{cultivo})=ET_o*K_c$$

Donde:

ET_o: evapotranspiración de referencia o potencial, expresada en milímetros.

K_c: coeficiente de cultivo, adimensional.

3.6. Ecuación de FAO PENMAN-MONTEITH

En 1990 la FAO, con colaboración con la comisión Internacional para el Riego y Drenaje y con la Organización Meteorológica Mundial revisan propuestas de la FAO para el cálculo de los requerimientos necesarios de agua de los cultivos (FAO, 2006).

A continuación, se hace referencia a la fórmula que se debe considerar para realizar el cálculo de ET_o.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900 T + 273}{u_2} (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

A continuación, la Tabla 1 explica los elementos que forman parte de la ecuación ETo.

Tabla 1.

Descripción de las variables de la fórmula FAO

Variable	Características
ETo	Evapotranspiración de referencia (mm/día).
Δ	Pendiente de la curva de la tensión de vapor saturado (kPa/ °C) $(2503,6 \times \exp(17,27 \cdot T / (T+237,3))) / (T+237,3)^2$ en (kPa /°C) y T en °C.
Rn	Radiación neta sobre la superficie del cultivo (MJ/ m2 día).
G	Flujo calórico utilizado en el calentamiento del suelo (MJ/ m2 día).
(Rn – G)	Energía disponible en la superficie del suelo e igual a la energía desde la superficie hacia el aire (H + lE) por el calor sensible, H, (convección) y calor latente, lE (evaporación).
γ	Constante psicométrica (kPa/ °C) = 0,001628 (P/l); P en kPa = $101,3((293 - 0,0065z)/293)^{5,26}$.
u2	Velocidad del viento a 2 m de altura, en m/s. Se estima por: $u2 = 4,87 \ln(67,8z - 5,42)$.
(es – ea)	Déficit de tensión de vapor (kPa); es y ea tensión de vapor saturado, y actual respectivamente.
T	Temperatura media del aire, en °C, calculada por: $T = (T_{max} + T_{min})/2$.
λ	Calor latente de vaporización (MJ /kg). Se considera fijo a 20 °C = 2,45 MJ/ kg; (1/l) = 0,408.
ρ_a	Densidad del aire seco a presión constante (kg/ m3).

3.6.1. Datos

La ecuación FAO requiere de algunos datos para su correcto cálculo de la evapotranspiración, como se detalla a continuación.

- **Localización:** se debe especificar la altura sobre el nivel del mar (m) y la latitud (grados norte o sur) con la finalidad de ajustar parámetros climatológicos.
- **Temperatura:** Para el cálculo de la evapotranspiración la temperatura es muy importante debido a que se debe determinar la temperatura diaria, promedio y mínima en grados centígrados.
- **Humedad:** el valor de la presión real (promedio) diario de vapor, (ea), en kilo pascuales (kPa), el cual si no se encuentra disponible puede ser derivado de la humedad relativa máxima y mínima.
- **Radicación:** la radiación neta diaria (promedio) está expresada en megajoules por metro cuadrado por día (MJ m⁻² día⁻¹), estos datos pueden derivarse de la radiación de onda corta (promedio) o de la duración real diaria (promedio) del sol brillante (horas por día).
- **Viento:** La dirección del viento (promedio) diaria en metros por segundo (ms⁻¹) medida a 2 m de altura sobre el nivel del suelo es necesario saber (FAO, 2006).

3.7. Sistema de Riego

Se denomina sistema de riego a un conjunto de elementos los cuales permiten suministrar agua en un área de suelo, de manera eficiente con la finalidad de mantener el suelo húmedo en el momento oportuno.

3.7.1. Métodos de Riego.

Baroja (2017), los métodos más usados actualmente para el riego de campos de cultivos agrícolas son: gravedad, aspersión y goteo.

- **Riego por gravedad:** El agua se mueve por su propio peso en donde el suelo debe estar bien preparado y alineado, para que no exista inconvenientes a la hora de su distribución, cuando se habla de riego por gravedad estamos hablando de riego por inundación y del riego por surcos con una eficiencia de riego entre 30% y 70%.
- **Riego por aspersión:** Este tipo de riego consiste en suministrar la cantidad de agua que requiere un cultivo, a través del aire en forma de lluvia, la cual puede ser controlada en cantidad, duración y día con una eficiencia de riego entre 80% y 85%. Actualmente es usado para regar cualquier tipo de suelos.
- **Riego por goteo:** El riego por goteo es la aplicación técnica de agua, en la zona radicular de los cultivos, de esa forma se puede hacer producir, a suelos que permanecen abandonados, con una eficiencia de riego mayor al 90%, y a la vez economiza al máximo el consumo de agua.

3.7.2. Requerimiento de riego

El requerimiento del riego o lamina de bruta riego indica el valor de humedad necesaria, para de esa forma devolver la humedad consumida por el cultivo, según el Yugueros, (2017), manifiesta que para conocer las dosis de riego o lámina neta se calcula con la siguiente fórmula:

$$db = \frac{ETc}{E} * 100$$

Donde:

db: Lámina bruta de riego, (mm).

ETc: evapotranspiración de un cultivo.

E: eficiencia de riego.

3.7.3. Volumen de agua por planta

Según Yugueros (2017), manifiesta que es necesario conocer cuántos litros de agua es necesario para ciclo vegetativo de un cultivo puede estimarse de acuerdo a las

necesidades de los cultivos y de la lámina bruta de riego. Para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$G = \frac{db}{f} \times Sp \times Sl$$

Donde:

G: Volumen de agua por planta

db: Lámina neta

f: frecuencia de riego

Sp: Espacio entre plantas

Sl: Espacio entre laterales de riego

3.7.4. Tiempo de riego

El tiempo de aplicación en sistema riego localizado este dato por el caudal de los emisores utilizados.

$$Ta = \frac{G}{Np} * qa$$

Donde:

Ta: Tiempo de aplicación.

G: Frecuencia de Riegos (días).

Qa: Caudal nominal del gotero

$$Np = \frac{Sp}{Se}$$

Donde:

Np: Puntos de emisión por planta.

Sp: espacio entre plantas

Se: espacio entre goteros.

3.8. Sistema automatizado de riego

La importancia de la automatización y control en los sistemas de riego es muy importante en la agricultura según Canales & Martínez (2010), afirman que la automatización y control es usar sistemas o elementos computarizados para controlar maquinaria y procesos, con el fin de lograr un funcionamiento adecuado y reducir fallos para alcanzar los resultados esperados.

Hoy en día la tecnología permite llevar al límite la imaginación, la aplicación de tecnologías en sistema de riego es importante debido a que gracias a los avances tecnológicos podemos automatizar, los procesos para mejorar la productividad, reduciendo los costes de la producción y mejorar la calidad de un cultivo.

3.8.1. Elementos del sistema

Hoy en día el mercado ofrece distintos elementos o dispositivos tecnológicos que son útiles para la creación de diferentes sistemas domésticos o de automatización, por ello es importante conocer el servicio que ofrecen.

- a) **Unidad de control:** Es la parte que hace que las cosas ocurran, es decir se encarga de almacenar la información proviene de distintos emisores y la transmite a los receptores, con el propósito de mantener una comunicación permanente, de tal manera que los actuadores se accionen cuando la configuración programada lo requiera.
- b) **Sensores:** se denominan dispositivos que tiene como propósito percibir cambios de estado, dichos elementos convierten una magnitud física en una magnitud eléctrica (intensidad o tensión) y la transmiten a la unidad de control; en la actualidad existen diferentes tipos de sensores como: sensor de gas, movimiento, temperaturas, humedad, precipitación entre muchos más.

Según Areny (1993), afirma que existen dos tipos de sensores analógicos y digitales.

- **Analógicos:** Poseen una salida continua de 4 a 20 mA para diversos parámetros de variables como: la temperatura, humedad, precisión entre otras, el valor del parámetro puede ser enviado a la unidad de control de forma analógica o digital.

- **Digitales:** Significa que el sensor tiene dos estados (ON-OFF, 0-1, encendido-apagado), que se activan cuando superan un umbral.
- c) **Actuadores:** Los actuadores reciben información procedente de los sensores y reaccionan dependiendo la función del actuador, son dispositivos de salida que reciben órdenes para ejecutar una acción como: encendido/apagado, apertura/cierre, etc., éstos actúan sobre un parámetro físico.
- d) **Controlador:** Cumplen la función de recibir información del ambiente mediante señales eléctricas, para posteriormente gestionar el sistema de acuerdo con la programación establecida.

3.9. Tecnología inalámbrica Zigbee

Los avances obtenidos en comunicaciones inalámbricas están demostrando una gran versatilidad para una gama de aplicaciones, esto permite comunicar variedad de dispositivos tecnológicos entre sí a cortas distancias, dando lugar a las redes de sensores (Maestre, 2015).

Las características principales de las tecnologías Zigbee son tres:

- Son redes con muchos nodos.
- Larga duración de la batería de los nodos (bajo consumo).
- Tasa de transmisión de datos relativamente baja.

3.9.1. Módulo XBee

Son módulos integrados e inteligentes bajo el estándar IEE 802.15.4, mediante los cuales es posible operar en redes ZigBee, debido a que poseen un conversor analógico a digital, también permite reportar el estado de entradas digitales y magnitudes analógicas (Caprile, 2009).

El funcionamiento estándar corresponde a un dispositivo que implementa una aplicación, la cual permite la interconectividad entre diferentes dispositivos que se envían mensajes, se configura de forma remota y operan sobre sus entradas y salidas. Es

decir, para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto) o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto) o tipo MESH.

Algunas de sus principales características son (ver Figura 1):

- Alcance hasta 300ft (100 mts) en línea de vista para los módulos Xbee y hasta 1 milla (1.6 Km) para los módulos Xbee Pro.
- 10 entradas/salidas con entradas analógicas y digitales.
- Bajo consumo <50mA cuando están en funcionamiento y <10uA cuando están en modo sleep.
- Interfaz serial.
- 65,000 direcciones para cada uno de los 16 canales disponibles. Se pueden tener muchos de estos dispositivos en una misma red.
- Configuración con comandos API o AT, localmente o por aire.
- Banda de 2,4 GHz de frecuencia (aceptada en todo el mundo).
- Rango de temperatura de funcionamiento industrial (-40C a 85C).
- Funciona con voltaje de 2,1 a 3,6 VCC; corriente de transmisión de 35 mA, corriente de recepción de 38 mA.
- Fáciles de integrar.

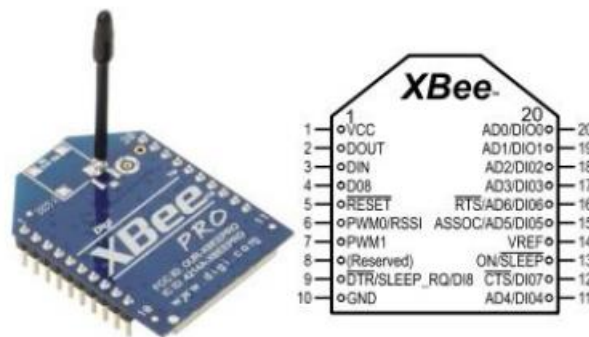


Figura 1: Datasheet del Módulo XBee

Fuente: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/16/zigbeexbee/>

3.9.2. Elementos de una Red Zigbee

Según Torrecillas (2007, pág. 6), afirma que “en ZigBee hay tres tipos de dispositivos”.

- **Coordinador**
 - ✓ Sólo puede existir uno por red.
 - ✓ Inicia la formación de la red.
 - ✓ Es el coordinador de PAN.
- **Router**
 - ✓ Se asocia con el coordinador de la red o con otro router ZigBee.
 - ✓ Puede actuar como coordinador.
 - ✓ Es el encargado del enrutamiento de saltos múltiples de los mensajes.
- **Dispositivo final**
 - ✓ Elemento básico de la red.
 - ✓ No realiza tareas de enrutamiento.

La figura 2 muestra los elementos de una red Zigbee.

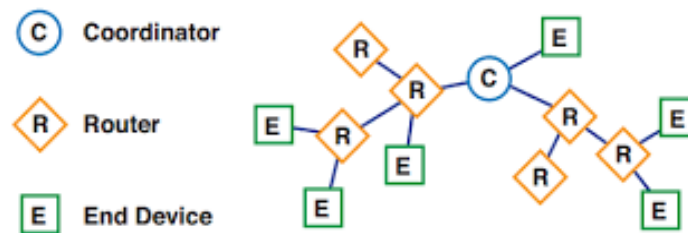


Figura 2: Elementos de una red ZigBee

Fuente: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Topologias-logicas-redes-ZigBee>

3.9.3. Redes de sensores inalámbricos

La red de sensores inalámbricos ofrece la comunicación bajo los estándares IEEE 802.15.4, la cual permite la combinación de nodos distribuidos en un área en particular, donde recogen y difunden los datos a un nodo central, este tipo de tecnologías se utilizan en aplicaciones de control, manipulación y seguimiento de actividades (Chiasserini et al., 2020).

3.9.3.1. Arquitectura (WSN)

En la arquitectura de una red de sensores inalámbricos se puede distinguir cuatro elementos principales que se detallan a continuación:

- **Nodos o Mota:** Son los encargados de tomar los datos del sensor y los envía a una estación base.
- **Sensor:** Se encargan de tomar los datos del medio.
- **Administrador de tareas:** Donde se lleva a cabo el tratamiento y almacenamiento de datos o gestión activa de la red.
- **Gateway:** Sirve de intermediario para enlazar la red de sensores con la red de internet o cableada.

3.9.3.2. Características

- **Tiempo de vida:** Existen protocolos propuestos que ayudan a minimizar el consumo de energía ya que posee un modo inactivo (*sleeping*).
- **Flexibilidad:** Permite la escalabilidad debido a que se adapta dinámicamente a los cambios en la densidad de los nodos y a cambios en su topología.
- **Tolerancia a fallos:** Mantiene la funcionalidad de la red sin ninguna interrupción, aunque fallecen algunos nodos que se encuentran desplegados en la red.
- **Mantenibilidad:** Se adapta a los cambios que se producen en la red.

3.10. Internet de las cosas (IOT)

El internet de las cosas, también denominado por algunas personas el internet de los objetos, se caracteriza por que su expansión de conectividad va más allá de la comunicación entre las personas, el IOT ahora se extiende a miles de millones de dispositivos cotidianos conectados.

Las recientes innovaciones de la electrónica, la informática y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), han propiciado la capacidad de automatización de

procesos, los microcontroladores y sensores son empleados para la captación de datos y de esa manera gestionar y controlar procesos (Moisés, Barrio, 2018).

En la Figura 3 se muestra la visión del internet de las cosas IOT.

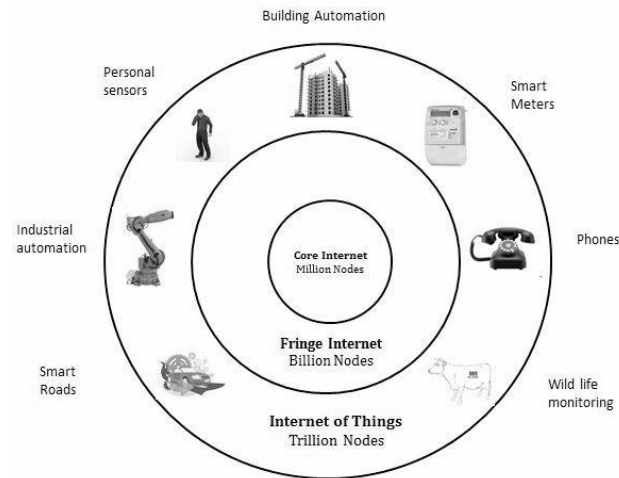


Figura 3: Visión del internet de las cosas (IOT).

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Vision-of-Internet-of-Things-based-on-2_fig1_303524762

3.10.1. Microcontroladores

Según Salazar (2009), menciona que un microcontrolador es un circuito integrado que contiene una memoria, procesador y pines de entrada y salida, para conectar sensores, interruptores, y dispositivos de salida como motores.

Con lo antes mencionado podemos deducir que aparatos domésticos, sistemas de alarma, equipos médicos, subsistemas de automóviles entre otros utilizan un microcontrolador para que puedan ejecutar una actividad asignada.

a) Hardware Arduino

Arduino es una plataforma open-hardware, que, junto con unos componentes electrónicos, un microcontrolador y una serie de pines de entrada y salida permite la creación de proyectos basados en sistemas electrónicos, mediante el lenguaje de alto nivel programaremos el microcontrolador para que ejecute acciones que deseamos llevar a cabo (López, 2016), tal como se muestra en Figura 4.

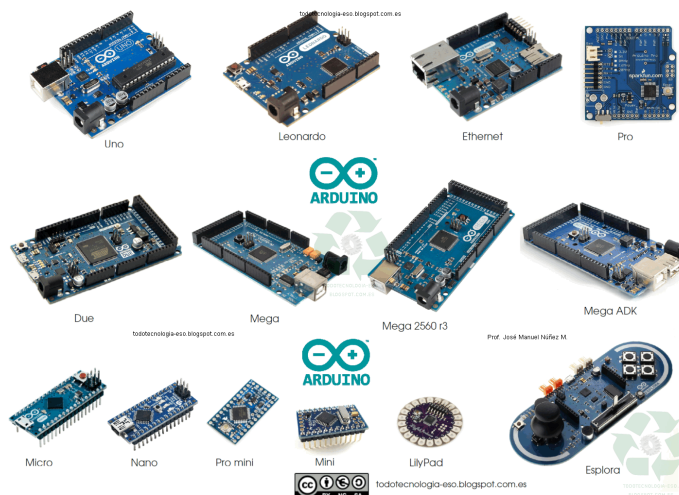


Figura 4: Tipos de Arduino.
Fuente: www.fablabolmue.cl

b) Características técnicas

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel, que incluye, puertos USB, reguladores de tensión y los pines de entrada y salida dependiendo el modelo de arduino a continuación en la Figura 5 se muestra la especificación de cada placa.

	Arduino Uno	Arduino Mega2560	Arduino Leonardo	Arduino Due	Arduino ADK	Arduino Nano	Arduino Pro Mini	Arduino Esplora
								
Microcontrolador	ATmega328	ATmega2560	ATmega32u4	AT91SAM3X8E	ATmega2560	ATmega168 (versión 2.x) o ATmega328 (versión 3.x)	ATmega168	ATmega32u4
Portas digitais	14	54	20	54	54	14	14	-
Portas PWM	6	15	7	12	15	6	6	-
Portas analógicas	6	16	12	12	16	8	8	-
Memória	32 K (0,5 K usado pelo bootloader)	256 K (8 K usados pelo bootloader)	32 K (4 K usados pelo bootloader)	512 K disponível para aplicações	256 K (8 K usados pelo bootloader)	16 K (ATmega168) ou 32K (ATmega328), 2 K usados pelo bootloader	16 K (2k usados pelo bootloader)	32 K (4 K usados pelo bootloader)
Clock	16 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	84 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	8 Mhz (modelo 3.3v) ou 16 Mhz (modelo 5v)	16 Mhz
Conexão	USB	USB	Micro USB	Micro USB	USB	USB Mini-B	Serial / Módulo USB externo	Micro USB
Conector para alimentação externa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Tensão de operação	5v	5v	5v	3.3v	5v	5v	3.3v ou 5v, dependendo do modelo	5v
Corrente máxima portas E/S	40 mA	40 mA	40 mA	130 mA	40 mA	40 mA	40 mA	-
Alimentação	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	3.35 - 12 V (modelo 3.3v), ou 5 - 12 V (modelo 5v)	5v

Figura 5: Especificaciones de tipos de Arduino.
Fuente: <https://www.fablabolmue.cl/planos-y-circuitos/#&gid=1&pid=1>

3.10.2. Shields para Arduino

Una shield o escudos son placas de circuitos modulares que puede ser conectada encima de una placa arduino, con la finalidad de extender sus capacidades y agregar mayor funcionalidad, una de las principales características es que se trata de elementos de hardware fáciles de conectar y con precios accesibles; de esa forma poder realizar prototipos electrónicos de manera sencilla (Millahual, 2017).

a) Xbee Shield

Se trata de un shield que brinda capacidades inalámbricas a nuestros proyectos, la placa permite conectar el módulo Xbee directamente a Arduino esta pieza funciona con módulos Xbee de las series 1 y 2 en todas sus versiones. La Figura 6 muestra un módulo Xbee Shield.



Figura 6: Módulo Xbee Shield

Fuente: <https://www.sparkfun.com/products/retired/11287>

3.10.3. Sensores

a) Sensor de humedad dht11

Este sensor se caracteriza por tener una señal digital calibrada, y fiabilidad a lo largo del tiempo, está constituido por dos sensores resistivos (NTC y humedad). Posee una excelente calidad y respuesta en las medidas, puede medir la humedad entre el rango de 20% - aprox. 95% y la temperatura entre el rango de 0°C – 50°C. (Ver Figura 7).

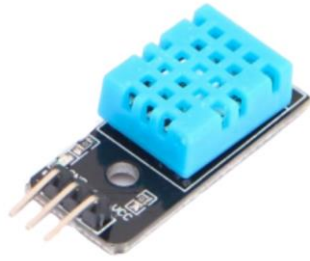


Figura 7: Sensor de humedad dht11,
Fuente: <https://www.sigmaelectronica.net/producto/dht11/>

b) Sensor de humedad YL-69

Este sensor puede medir la cantidad de humedad presente en el suelo, si utilizamos las señales analógicas se convierte en un valor entre 0 y 1023, por otro lado, si se utiliza la señal digital la salida es high o low (Abraham G, 2020). Tal como se muestra en la Figura 8.

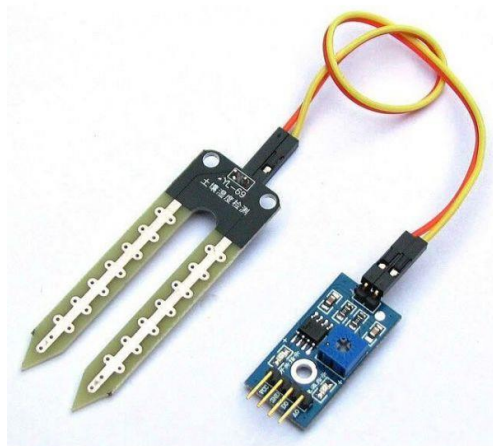


Figura 8: Sensor de humedad YL-69.
Fuente: <https://www.electronicoscaldas.com/>

3.10.4. Actuador

a) Electroválvula Cepex S390.

Electroválvula de plástico que es más utilizada para el riego de jardines, con control de caudal, apertura total y cierre de seguridad anti fugas. Tal como muestra la Figura 9.



Figura 9: Electroválvula Modelo 96.

Fuente: <https://www.tupiscinaonline.com/electrovalvulas-de-riego/electrovalvula-de-riego-24-v-cepexrosca-hembra-3-4-56113.html>

Algunas características son:

- Muelle y tornillos de acero inoxidable.
- Presión de trabajo 0,5 - 10 Bar.
- Solenoide 2 vías, control interno, 24 VAC /50Hz.
- Con rosca H y control de caudal.
- Disponible en 3/4" y 1", 1 1/2" y 2".

3.11. Software

Los sistemas web han sido desarrollados para solventar necesidad requeridas y brindar respuesta si la requiere, además no se encuentra instaladas sobre una plataforma, se aloja en un servidor en Internet, cada sistema tiene la finalidad de reducir costo, tiempo entre otros beneficios, también permiten acoplar tecnologías que potencien su funcionalidad.

3.11.1. Arquitectura

a) Modelo vista controlador

El Modelo Vista Controlador (MVC) es una arquitectura de software que permite modelar la aplicación a desarrollar, ya que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de negocio en tres componentes distintos (Bell, 2003).

- **Modelo:** contiene la presentación de datos que es utilizado para manejar el sistema, lógica de negocio, y su mecanismo de persistencia.
- **Vista:** o interfaz de usuario, que gestiona la información que se envía al cliente y los mecanismos de iteración.
- **Controlador:** es el intermediario entre la vista y el modelo, gestiona el flujo de información que existe entre ellos y la transforma a la adaptación de las necesidades de cada uno.

La Figura 10 muestra la arquitectura MVC.

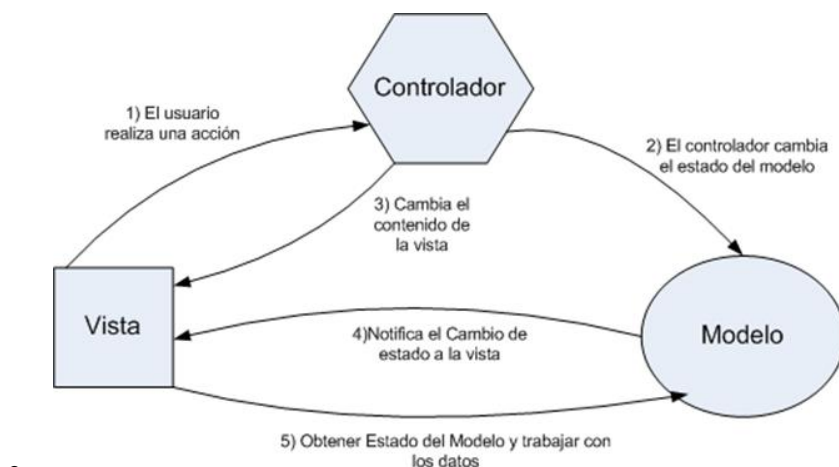


Figura 10: Arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC)

Fuente: <https://codesystems.wordpress.com/2012/02/26/comprendiendo-el-patron-model-view-controllermvc/>

3.11.2. Base de datos

Se denomina una base de datos, a un conjunto de información que es almacenada en tablas con la finalidad de evitar redundancia perjudicial e innecesaria, a la vez posee una colección de datos interrelacionados y permite la gestión de la información de acuerdo con RedUSERS (2016), añade que:

Las actividades productivas y de servicios requieren de un volumen de datos considerable para desarrollarse de manera efectiva, y necesitan que estos se encuentren organizados con relación a la actividad que se desee desarrollar, Por lo tanto, disponer de información relevante, en forma rápida y sencilla (pág. 6).

De lo manifestado anteriormente, se puede deducir que una base de datos cumple con la petición de acceder a los datos cuando el usuario lo requiera, ya sea con diferentes acciones como: crear, editar, actualizar y eliminar, la cual permite manipular la información que existe en la base de datos.

a) Diseño de la base de datos

El diseño de una base de datos por lo general no es un trabajo sencillo, la complejidad de la información y la cantidad de requisitos lo hacen un proceso difícil, por lo que es, necesario dividir el proceso del diseño en varias etapas como: diseño conceptual, diseño lógico, diseño físico; con la finalidad de tener éxito a la hora de desarrollar y poner en ejecución la aplicación.

A continuación, se indican los pasos secuenciales que se deben realizar para crear una base de datos según Manuel (2014).

- **Diseño conceptual:** Este tipo de modelos son altamente semánticos e independientes; se obtiene una estructura de información de la base de datos que se pretende realizar, independiente del tipo de base de datos que se vaya a utilizar esta etapa permite realizar un énfasis en la problemática para estructuración de la información.

- **Diseño lógico:** es la parte del diseño conceptual, porque busca la forma en que la tecnología se adapte dependiendo de las necesidades que se vaya a solventar y de los requisitos ya pre-establecidos.
- **Diseño físico:** Consiste en transformar el esquema lógico en un esquema físico con la finalidad de conseguir una mayor eficiencia; además, se complementa con aspectos de implementación física que dependen del SGBD.

b) Modelo Entidad relación

El modelo de datos más empleado en la actualidad para llevar a cabo el diseño o modelado conceptual es el modelo Entidad-relación según Manuel (2014) afirma que los elementos fundamentales del modelo E-R son:

- **Entidad:** Se puede definir una entidad como cualquier objeto sobre el que se desea almacenar en la base de datos.
- **Interrelaciones: tipo de correspondencia, rol y grado:** se puede definir como una asociación o correspondencia entre entidades. Toda la relación tiene las siguientes características nombre y grado.

c) Sistema de Gestor de Base de datos

Según Ibáñez (2006) menciona que “El sistema de gestión de la base de datos (SGBD) es una aplicación que permite al usuario definir, crear y mantener bases de datos, proporcionando acceso controlado a las mismas. Es una herramienta que sirve de interfaz entre el usuario y la base de datos” (pág. 10).

Con lo anterior mencionado queremos deducir que por un lado tenemos los datos organizados según ciertas reglas y por otro, un software que nos facilita la gestión de distintas herramientas y funcionalidades.

d) MySQL

Según Cobo (2005) afirma que Mysql es un sistema de administración de base de datos relacionados rápido, sólido y flexible, es ideal para crear base de datos con acceso desde páginas web dinámicas, o para cualquier solución profesional que implique almacenar datos, teniendo la posibilidad de realizar múltiples y rápidas consultas (pág. 339).

Mysql ofrece varias ventajas respecto a otros sistemas gestores de bases de datos:

- Tiene licencia pública.
- El programa está desarrollado en C y C++.
- Puede ser descargado gratuitamente de Internet (<http://www.mysql.com>).
- Mysql utiliza el lenguaje SQL
- Es un sistema cliente/servidor.
- Mysql dispone de un sistema sencillo de ayuda en línea.
- Es portable, es decir puede ser llevado a cualquier plataforma informática.
- Es posible encontrar gran cantidad de software desarrollo sobre Mysql o soporte Mysql.

3.11.3. Node JS

a) Plataforma de desarrollo Express

Según Puciarelli (2020) afirma que express es el framework web más popular de Node, y es la librería subyacente para un gran número de otros frameworks web de Node populares.

Los mecanismos que proporciona express según MDN (2020) son:

- Escritura de manejadores de peticiones con diferentes verbos HTTP en diferentes caminos URL (rutas).
- Integración con motores de renderización de "vistas" para generar respuestas mediante la introducción de datos en plantillas.
- Establecer ajustes de aplicaciones web como qué puerto usar para conectar, y la localización de las plantillas que se utilizan para renderizar la respuesta.
- Añadir procesamiento de peticiones "middleware" adicional en cualquier punto dentro de la tubería de manejo de la petición.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se presenta los materiales y métodos que se usó en este trabajo para alcanzar los objetivos planteados.

4.1. Tipo de investigación

El proyecto recae en una investigación de tipo documental (libros, artículos, revistas, entre otros) a fin de consultar acerca de la temática que aborda el presente trabajo, de la misma manera se utilizó la investigación de tipo aplicada en cuanto al diseño del prototipo y la arquitectura del sitio web para de esa forma dar resolver los problemas que tiene los sistemas de riego.

Además, con un enfoque cuantitativo, se tabulo la información climática almacenada, así se visualizará de forma clara y legible los resultados, para de esa manera tomar decisiones oportunas al momento del riego.

Para asegurar la fiabilidad, usabilidad y eficiencia del sitio web se optó por utilizar la metodología XP, la cual propone el uso de las buenas prácticas basadas en un conjunto de valores y principios que garantizara la calidad de los productos, además permitirá tener una mejor retroalimentación de acuerdo a las necesidades del cliente ese decir tener constante comunicación entre el beneficiario y el programador, así se logrará cumplir a mayor cabalidad con las expectativas del cliente en relación al producto final.

4.2. Metodología de desarrollo

La metodología define cuatro etapas para el desarrollo de un producto de software, a continuación, se detalla cada una de las etapas.

a) Exploración

Para llevar a cabo el presente proyecto se exploró con el objetivo de identificar el alcance, los tipos de usuarios, las historias de usuarios y definir los criterios de aceptación.

En esta fase se revisaron diversas fuentes de información con el fin de tener una mejor visión del tema y especificar claramente los requerimientos del sistema, los cuales se obtuvieron a partir de reuniones con la persona encargada del proceso de riego y un ingeniero especialista en el tema, estas especificaciones se convirtieron en las historias de usuarios, las cuales fueron usadas para las siguientes fases de desarrollo. Se obtuvieron un total de 5 historias de usuarios, las cuales dadas su extensión fueron consideradas unas Epic, por lo que posteriormente fue necesario refinar cada historia de usuario

b) Planificación

Se definieron 4 iteraciones, cada iteración duro un tiempo 3 semanas días semana, a continuación, en la Tabla N 2 se muestra la planificación de las historias de usuario a cada iteración.

Tabla 2.

Iteraciones del proyecto

Historias	Iteración	Prioridad
Historia 1	Iteración 1	Alta
Historia 2	Iteración 2	Media
Historia 3	Iteración 3	Alta
Historia 4	Iteración 4	Media
Historia 5	Iteración 4	Baja

Elaborado por: (Torres, 2021).

c) Desarrollo

En cada iteración se desarrollan las historias de usuario de acuerdo a la planificación, donde se diseñó, codifico y probó cada historia de usuario.

d) Producción

Se realizaron pruebas adicionales (unitarias, aceptación) y se buscó un alojamiento web para el aplicativo, para esa manera permitir a los usuarios de internet utilizar la propuesta planteada.

4.2.1. Desarrollo de la propuesta

A continuación, se presenta la implementación de la metodología de desarrollo XP, de igual manera, se especifica la información recolectada.

4.2.2. Tipos de Usuario

- **Administrador Total:** Es aquel encargado de gestionar el control total del sistema, a la vez dar mantenimiento a la parte software y hardware.
- **Administrador:** Encargado de gestionar los datos de los clientes, roles y sensores del cultivo.
- **Agricultor:** Será el encargado de activar el sistema de riego, gestionar los datos del cultivo.

4.2.3. Historia de usuario

La metodología ágil XP, define la utilización de historias de usuarios, la cual se enfoca en la relación de las necesidades según los requerimientos de los usuarios, para buscar una solución al requerimiento planteado. Con este enfoque se definen las siguientes historias de usuario. Las historias de usuario se especifican usando un conjunto de tablas las mismas se presentará de la Tabla 3 hasta la Tabla 7.

Tabla 3.

Historia de usuario 01

Historia de Usuario	
Número: 01	Usuario: Administrador
Nombre historia: Administrativo	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Programador: Sr Alexander Paul Torres Quinchiguango	Iteración asignada: 1
Descripción: Como Administrador, deseo llevar una gestión administrativa de clientes y roles para el acceso a los distintos módulos del sistema.	
Observaciones: Se asignará al cliente un rol correspondiente para el acceso a los distintos módulos del sistema.	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 4.

Historia de Usuario 02

Historia de Usuario	
Número: 02	Usuario: Administrador
Nombre historia: Gestión datos Climatológicos	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Media
Programador: Sr Alexander Paul Torres Quinchiguango	Iteración asignada: 2
Descripción: Como Administrador, deseo realizar el registro de variables	

climatológicas ya sea de manera manual o por medio de los sensores que existen implantados en el cultivo.
Observaciones: Se almacenará entre 7:00 a 18:00 cada hora los datos recolectados por los sensores una vez que los dispositivos se encuentran acoplados al sistema.

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 5.

Historia de Usuario 03

Historia de Usuario	
Número: 03	Usuario: Agricultor
Nombre historia: Riego Cultivo	
Prioridad: Media	Riesgo en desarrollo: Alta
Programador: Sr Alexander Paul Torres Quinchiguango	Iteración asignada: 3
Descripción: Como agricultor deseo gestionar el riego de un cultivo y activar la electroválvula de manera manual o automática para suministrar la cantidad de agua que requiere un cultivo.	
Observaciones: Se realizarán cálculos de riego de esa forma saber cuánta cantidad de agua se debe suministrar a la planta.	

Elabora por: (Torres, 2021).

Tabla 6.

Historia de Usuario 04

Historia de Usuario	
Número: 04	Usuario: Agricultor
Nombre historia: Gestión cultivo	
Prioridad: Media	Riesgo en desarrollo: Media

Programador: Sr Alexander Paul Torres Quinchiguango	Iteración asignada: 4
Descripción: Como agricultor, deseo registrar un cultivo y llevar los registros de riego realizados en el cultivo para llevar un control adecuado del mismo.	
Observaciones: Los cultivos registrados se seleccionan al momento de programar un nuevo riego.	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 7.

Historia de Usuario 05

Historia de Usuario	
Número: 05	Usuario: Agricultor
Nombre historia: Visualización	
Prioridad: media	Riesgo en desarrollo: baja
Programador: Sr Alexander Paul Torres Quinchiguango	Iteración asignada: 4
Descripción: Como agricultor deseo visualizar en gráficos las variable climatológicas y riegos realizados para su comprensión y análisis.	
Observaciones: Los gráficos deben ser visualizados dependiendo al cultivo que seleccione el usuario.	

Elaborado por: (Torres, 2021).

4.2.4. Descripción General

El riego en la agricultura es un factor importante, debido a que la falta de agua produce que las plantas no alcancen el desarrollo esperado. A la vez el mal uso del recurso hídrico genera cada día más escasez de agua. Por ello, es importante implementar tecnologías que permitan la automatización de un sistema de riego.

Para definir cuales era las especificaciones que el sistema debía poseer se entrevistó a al ingeniero agrónomo Xavier Cacuango.

1. **¿Qué opina del acerca de los sistemas de riego en la agricultura?**

No existe la tecnificación adecuada para satisfacer las necesidades hídricas de cada cultivo y a la vez falta un riego programado para la época de verano ya que las plantas necesitan hidratarse más y cubrir su lamina de riego.

2. **¿A qué hora del día recomienda regar un cultivo?**

Para poder regar en un cultivo depende del tipo planta y la etapa de desarrollo en la que se encuentre, y se recomienda regar a partir de las 9 am ya que existe una mayor incidencia de rayos solares por lo tanto existe una mayor captación de agua.

3. **¿Cuál sistema de riego es más eficiente?**

El sistema de riego más eficiente en la actualidad es el riego por goteo en donde se utilizan mangueras y una bomba que permite suministrar agua, de esta forma se tiene una mayor eficiencia, ahorro del recurso hídrico y una dosificación correcta de los fertilizantes.

4. **¿Es importante llevar un control de riego?**

Es importante llevar el registro de riego de las cantidades de agua que se suministró en el cultivo de esa forma podremos proyectaremos a la toma de decisiones futuras al momento de regar.

5. **¿Cuáles son los factores climatológicos que afectan en el proceso de riego?**

Los factores climatológicos que afectan el proceso de riego son la velocidad del viento, la humedad relativa, la radiación solar, la temperatura ya que a mayores temperaturas existe una mayor transpiración o una mayor evapotranspiración de la lámina de riego.

6. **¿Es necesario conocer la cantidad de agua a suministrar a un cultivo?**

Es de mucha importancia conocer la cantidad de agua ya que de esa manera podremos optimizar este recurso.

7. **¿Qué le sucede al cultivo cuando existe escases de agua?**

Cuando el cultivo tiene escases de agua tiene un déficit de crecimiento o existe un estrés hídrico por lo cual la planta puede llegar a morir.

8. **¿Qué le sucede al cultivo cuando excede la cantidad de agua?**

Si se excede la cantidad de agua puede existir inundación del cultivo y la propagación de plagas causando que el cultivo no desarrolle de la mejor forma.

9. **¿Cuáles las etapas de desarrollo un cultivo?**

Un cultivo posee 4 etapas de desarrollo, etapa inicial, desarrollo media y maduración.

10. **¿Es importante llevar un control de humedad en el cultivo?**

Es importante porque al momento de tener un optima humedad se garantiza el crecimiento de un cultivo y así tener una buena producción del mismo.

11. **¿Es importante calcular la evapotranspiración?**

El cálculo de la evapotranspiración es importante, ya que nos permite conocer la lámina de riego o la cantidad de agua a utilizar en un cultivo.

12. **¿Piensa que es importante automatizar un sistema de riego?**

Implican muchos factores a la hora de automatizar un sistema de riego, uno es el factor tiempo ya que muchos agricultores no disponen, se olvidan al momento de regar y no suministran la cantidad de agua necesaria, la automatización del sistema de riego nos garantiza una buena producción suministrando la cantidad de agua óptima para el cultivo.

Análisis

Después de realizar la entrevista a un ingeniero agrónomo se pueden sacar las siguientes afirmaciones:

- El riego más eficiente en la actualidad es el riego por goteo, ya que es un conjunto de mangueras que permiten suministrar agua en la zona localizada, de esa forma se ahorra el recurso hídrico y una dosificación correcta de los fertilizantes.

- Los factores climatológicos que afectan el proceso de riego son: la velocidad del viento, humedad relativa, radiación solar y temperatura.
- Conocer la cantidad de agua que requiere un cultivo es importante a la hora de regar ya que de esa manera podemos optimizar el recurso hídrico y evitar el consumo excesivo del mismo.
- La evapotranspiración es un valor importante a la hora de regar, debido que nos permite calcular la cantidad de agua que se debe suministrar a un cultivo.

El software será capaz de recolectar datos usando una red de sensores, el cual permite la lectura de valores como: temperatura, humedad relativa y la humedad del suelo, los cuales son importantes a la hora de realizar el cálculo de la evapotranspiración.

El cálculo de la evapotranspiración permite saber cuándo de agua requiere el cultivo de esta forma se prevé regular y controlar el riego en función de las necesidades del cultivo y las condiciones climatológicas a las que se encuentra expuesto.

a) Perspectiva del producto

El aplicativo web permitirá controlar un sistema de riego, el cual trabajará con una red sensores inalámbricos repartidos en el cultivo. Para la automatización se utilizan microcontroladores los cuales recolectan y envían las mediciones de los sensores para posteriormente gestionar la información y activar o desactivar el dispositivo final (electroválvula).

b) Funcionalidad del producto

El proceso de riego actualmente lo realizan de manera manual y existe un desperdicio de agua al momento de regar, observando estas necesidades se implementa un sistema de automatizado de riego el cual permite recolectar datos como: humedad suelo, humedad relativa y temperatura de un cultivo, para posteriormente tomar acciones al momento de regar, también consta con un sistema automático de riego el cual evaluará los datos recolectados del suelo y verificará si el suelo necesita de agua para activar o desactivar la electroválvula.

La Figura 11 muestra cómo está conformado el sistema tanto a nivel de software como hardware y la comunicación entre los distintos dispositivos.

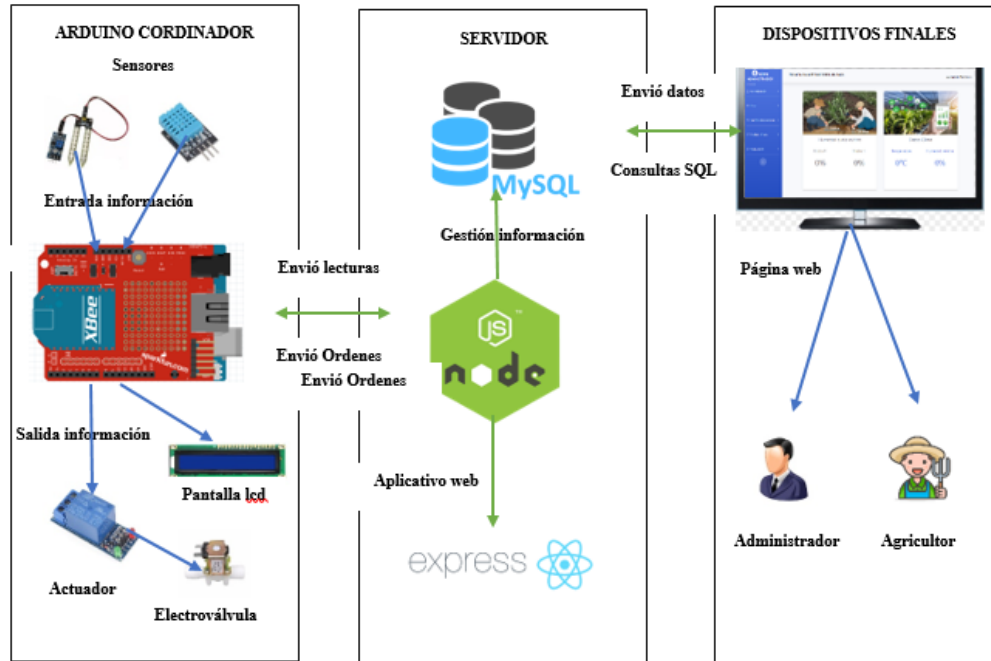


Figura 11: Vista general del sistema y componentes.
Elaborado por: (Torres, 2021).

Para el desarrollo del sistema de automatización de riego se dispone de una secuencia de capas, las cuales son diseñadas para suministrar la cantidad de agua que necesita un cultivo. A continuación, se detalla cada relación de funcionalidad del prototipo de forma más específica.

La primera capa consta de una red de sensores los cuales se encargará de obtener datos climáticos como: humedad del suelo, humedad relativa, y temperatura; La segunda capa se encargará de tomar los datos obtenidos de los sensores y enviar los a través de una conexión inalámbrica Xbee.

La siguiente capa o nodo coordinador, consta de un cliente web el cual recibirá las peticiones, para ser enviadas al servidor local., La información recolectada se almacena en una base de datos para posteriormente gestionar la programación de riego.,

Finalmente, la última capa envía una señal al actuador para que realice el respectivo riego (ON/OFF) electroválvula.

A continuación, la Figura 12 ilustra el diseño de la red de sensores, la distribución de componentes y la funcionalidad de cada nodo.

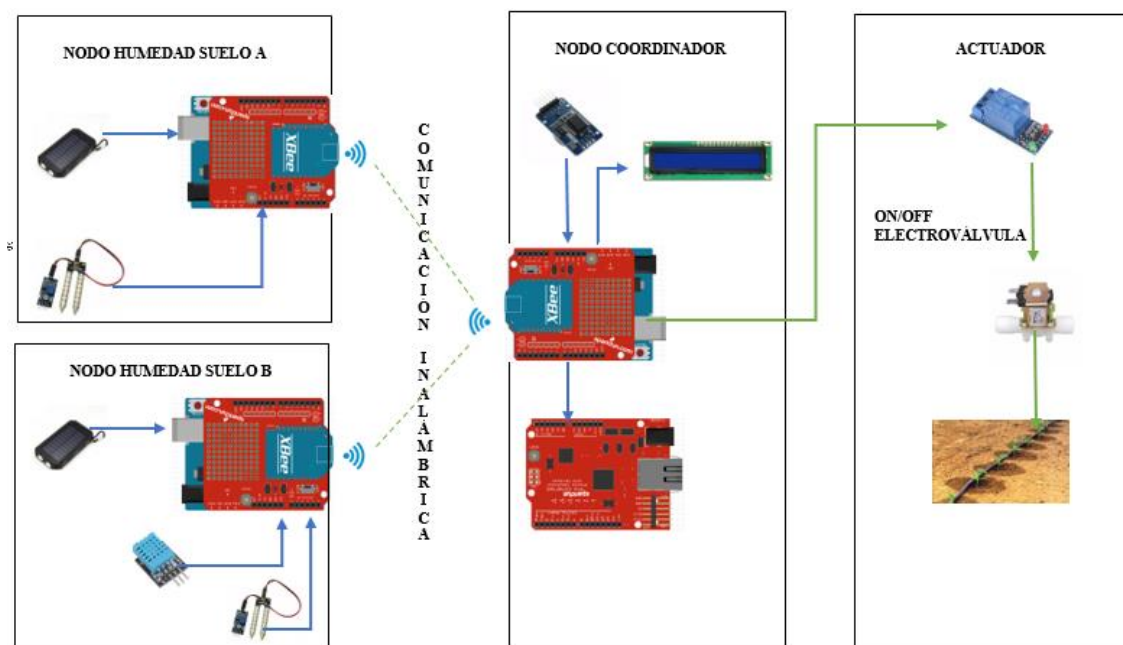


Figura 12: Diseño de la red de sensores inalámbricos.
Elaborado por: (Torres, 2021).

- **NODO HUMEDAD SUELO A:** transmite los datos tomados por el sensor YL-69, éstos son enviados hasta el nodo coordinador cada 30 segundos, y entre las 7:00h y 18:00h se realiza, cada hora, un registro en la base de datos. La información se envía a través de los módulos Xbee S2. La información es utilizada para verificar cuando el cultivo requiere de agua.
- **NODO HUMEDAD SUELO B:** transmite los datos tomados por los sensores DHT11 y YL-69, éstos datos son enviados hasta el nodo coordinador cada 30 segundos, y entre las 7:00h y 18:00h se realiza, cada hora, un registro en la base de datos. La información se envía a través de los módulos Xbee S2. La información es utilizada para verificar cuando el suelo requiere agua y a la vez llevar un control de la temperatura y humedad relativa del cultivo.

- **NODO COORDINADOR:** Este nodo es considerado como central y recibe la información de 2 Xbee S2 que se encuentran distribuidos en el cultivo. Este nodo recibe las lecturas procedentes de los nodos humedad suelo A y B, también cumple la función de cliente servidor ya que envía los datos recolectados a un servidor local, y a través del servidor almacenar en la base de datos para proceder a la gestión del cultivo. El Arduino Coordinador acciona la electroválvula a través del módulo relé.

En esta parte se describe la gestión de información una vez que los datos procedentes de la red de sensores han sido obtenidos, la Figura 13 indica el manejo de los datos, el procesamiento y la visualización.

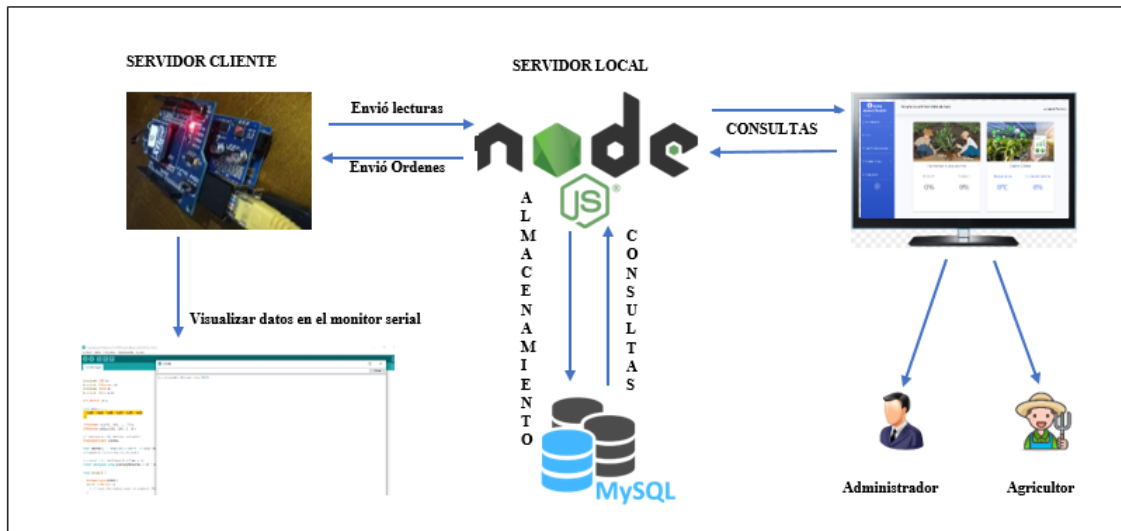


Figura 13: Manejo procesamiento y visualización de los datos.
Elaborado por: (Torres, 2021).

El nodo coordinador, una vez que recibe los datos de los nodos (humedad del suelo A y B), envía las lecturas a través del servidor Node Js hasta la base de MySQL. Arduino coordinador se conecta a Internet a través del Arduino Ethernet Shield el cual proporciona un enlace de red (IP).

La plataforma se encargará de gestionar y visualizar los datos de cultivo y el usuario, también permitirá controlar el riego de manera manual o automática:

Activación Riego Manual: El usuario puede (ON/OFF) la electroválvula desde cualquier navegador con acceso a internet.

Activación Riego Automático: Si el usuario activa el riego automático, se realiza un cálculo promedio de la humedad del suelo A y B, si el promedio no se encuentra en los rangos establecidos, se procede activar la electroválvula y se desactiva después de un tiempo asignado por los cálculos realizados. (Ver Tabla 8).

Tabla 8.

Estructura de la aplicación web

Front-End	Interfaz de usuario	Inicio
		Información
		Login
Back-End	Administrador	Usuarios
		Roles
		Modulo
	Gestión cultivo	Cultivo
		Actualidad Cultivo
	Riego cultivo	Activación Riego
		Fórmula
	Gestión datos climatológicos	Humedad Suelo
		Humedad relativa
		Temperatura
	Visualización	Volumen de agua cultivo
		Seguimiento de R cultivo

Fuente: (Torres, 2021).

c) Características de los usuarios

Las características de los usuarios se especifican usando un conjunto de tablas las misma se presentan desde la Tabla 9 hasta la Tabla 11.

Tabla 9.

Característica de los usuarios. Administrador Total

Tipo Usuario	Administrador total.
Responsabilidad	Administrador del sistema
Formación	Superior, con formación en sistemas o fines
Habilidades	Conocimientos avanzados en sistemas, electrónica, programador Node JS, Arduino y Xbee
Actividades	Puede ingresar al sistema para administrarlo, dar mantenimiento a los dispositivos electrónicos y realizar configuraciones de la red inalámbrica
Interacción con el sistema	Total

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 10.

Características de los usuarios. Administrador

Tipo Usuario	Administrador
Responsabilidad	Propietario del cultivo
Formación	Superior
Habilidades	Conocimientos básicos en informática, conocimientos relacionados con los cultivos.
Actividades	Puede activar y desactivar los sensores, además puede gestionar todos los módulos del sistema.
Interacción con el sistema	Total

Elaborado por: (Torres Alexander, 2021).

Tabla 11.

Características de los Usuarios. Agricultor

Tipo Usuario	Agricultor
Responsabilidad	Persona en cargada de actividades de riego
Formación	Básica
Habilidades	Conocimientos básicos informática, de riego en cultivos y suelos
Actividades	Puede visualizar el estado del cultivo y las variables del cultivo, activar el sistema de riego de forma manual o automática.
Interacción con el sistema	Total

Elaborado por: (Torres Alexander, 2021).

d) Restricciones de la aplicación.

Las restricciones de la aplicación web en fase al diseño se determinan en base a los siguientes aspectos que se detallan a continuación

Software

- Programación compatible con Arduino.
- MySQL como base de datos.
- El servidor Node.js debe ejecutarse siempre.
- Framework Express.
- Los módulos Xbee deben estar conectados al mismo PAN ID.
- El servidor Node.js y Arduino Ethernet debe encontrarse en el mismo rango de direcciones IP.

Hardware

- Los sensores de humedad pueden deteriorarse al cabo de 1 a 2 meses de utilización.
- Debe existir conexiones eléctricas y de internet cerca del cultivo.

- El Arduino coordinador siempre debe estar conectado a un Shield Ethernet y este a su vez conexión con el cable de red (RJ-45).
- Los módulos Xbee a utilizar deben ser de la Serie 2.
- Debe tener conexión a internet

4.2.5. Requisitos específicos

A continuación, se detallarán los requerimientos de interfaces, funcionales y no funcionales que deberá cumplir el sistema.

a) Requisitos comunes de interfaces

En este apartado del documento se detallarán la forma en la que el software se debe comunicar con el usuario, software y servicios.

- **Interfaces de Usuario**

Este tipo de interfaces está relacionado con las pantallas, ventanas o formularios que el usuario debe manipular para el respectivo funcionamiento del sistema de automatización de riego.

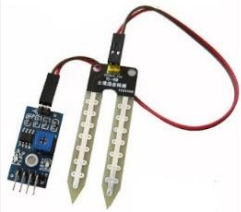
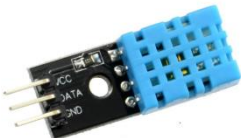
La interfaz muestra al usuario información acerca del riego, y también muestra las lecturas procedentes de los sensores: humedad suelo, humedad relativa y temperatura.

- **Interfaces de hardware**

En este apartado se detalla los principales componentes que se utilizaran para la automatización de dicho sistema. La Tabla 12 presenta las interfaces de hardware que se utilizaron en el sistema.

Tabla 12.

Interfaces de hardware.

NOMBRE	INTERFAZ
Arduino Uno R3	
Xbee Shield	
Ethernet Shield	
Módulo Xbee S2	
Sensor humedad suelo YL-69	
Sensor DHT11	

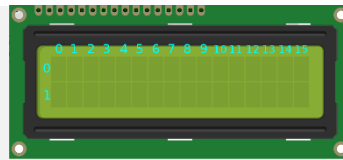
**Módulo relé 1
canal**



**Cargador Solar
Dual USB**



**Pantalla lcd
2x16**



**Módulo DS323
Reloj para
Arduino**



Electroválvula



Elaborado por: (Torres, 2021).

- **Interfaces de Software**

Para la programación en Arduino coordinador se incluye las librerías como: <SPI.h>, <Ethernet.h>, <Wire.h> y <RTClib.h>, para la programación en el nodo A y B se hace uso de la librería <dht.h>.

Interfaces de comunicación

- El Shield Ethernet debe estar conectado siempre para tener una comunicación con el servidor.
- Del lado del Backend Node Js.
- En el frontend se utiliza HTML, CSS, HTML5, CSS3, Javascript, Ajax, jQuery.

b) Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales se especifican usando un conjunto de tablas las mismas que se presentan desde la Tabla 13 hasta la Tabla 17.

Tabla 13.

Requerimientos Funcional Módulo Administrador.

Modulo Administrador
• Clientes • Roles • Módulos

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 14.

Requerimiento Funcional Módulo Riego Cultivo.

Modulo Riego Cultivo
• Activación Riego • Fórmula

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 15.

Requerimiento Funcional Módulo Datos Climatológicos.

Modulo Gestión Datos Climatológicos
• Humedad Suelo • Humead relativa • Temperatura

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 16.

Requerimiento Funcional Módulo Gestión Cultivo.

Modulo Gestión Cultivo
• Cultivo • Actualidad Cultivo

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 17.

Requerimiento Funcional Módulo Visualización.

Modulo Visualización
• Volumen de agua cultivo • Seguimiento de riego cultivo

Elaborado por: (Torres, 2021).

c) Requerimientos no Funcionales

- **Mantenibilidad**

Se recomienda realizar la revisión de comunicación entre los sensores, el estado de los nodos o placas electrónicas y la comunicación con el servidor con el propósito de solventar inconvenientes de tiempo.

- **Fiabilidad**

Si la comunicación con la red inalámbrica de los sensores se pierde, el aplicativo realiza los cálculos respectivos con los últimos datos almacenados.

- **Disponibilidad**

La disponibilidad del sistema estará disponible mientras no existan fallos de comunicación con los sensores y la parte de hardware no haya sido afectada por factores externos.

- **Soporte**

Se documentará el sistema con el propósito de explicar al cliente el uso del aplicativo, garantizando el soporte de la herramienta.

4.2.6. Diseño del proyecto

El diseño de un producto de desarrollo de software corresponde a un proceso de representaciones gráficas de las distintas operaciones de los usuarios finales con el sistema.

a) Propósito

El propósito de este documento es proveer una perspectiva general del prototipo de automatización de un sistema riego y las interacciones de los usuarios y los elementos que lo conforman.

b) Personal involucrado

El personal involucrado se especifica usando un conjunto de tablas las mismas que se presentan desde la Tabla 18 hasta la Tabla 20.

Tabla 18.

Personal involucrado

Nombre	María Angelita Torres Morales
Rol	Cliente
Categoría profesional	Superior y conocimiento en agricultura
Responsabilidades	Proveer de los requisitos funcionales y no funcionales. Revisión del software. Administración del software
Información de contacto	email: angelita@gmail.com
Aprobación	Personal calificado

Fuente: Formato IEEE 830

Tabla 19.

Personal involucrado.

Nombre	Luis David Narváez
Rol	Asesor del Proyecto de tesis
Categoría profesional	Magister en Tecnologías
Responsabilidades	Asesor del proyecto de tesis Revisión del documento Revisión del software
Información de contacto	email: ldnarvaez@pucesi.edu.ec

Aprobación	Personal calificado
-------------------	---------------------

Fuente: Formato IEEE 830.

Tabla 20.

Personal involucrado

Nombre	Alexander Paul Torres Quinchiguango
Rol	Analista, diseñador, programador, documentador
Categoría profesional	Egresado de la carrera de Ingeniería
Responsabilidades	Diseño y desarrollo de software
Información de contacto	email: aptorres@pucesi.edu.ec
Aprobación	Personal calificado

Fuente: Formato IEEE 830.

c) Especificaciones de los casos de uso

Los casos de uso son una secuencia de tareas que son desarrolladas por un sistema en respuesta a un evento que inicia un actor. También permitirá la representación gráfica de los módulos del sistema a los cuales los distintos usuarios tendrán acceso. Tal como indica la Figura N 14.

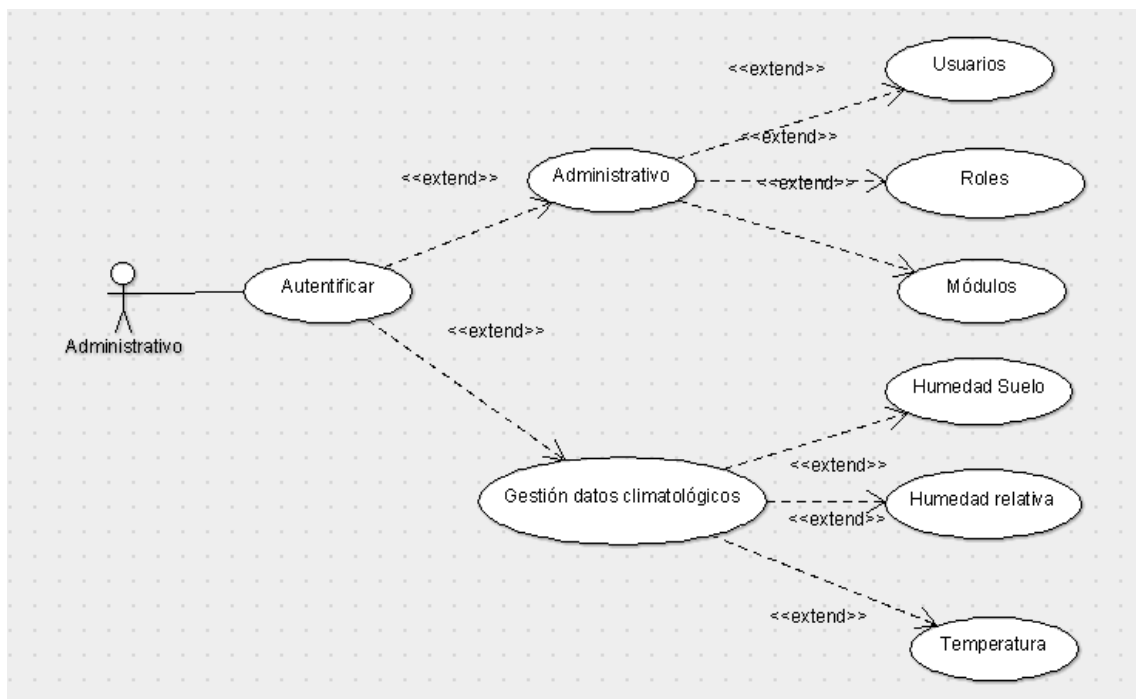


Figura 14: Caso de uso administrativo.
Elaborado por: (Torres Alexander, 2021).

La Figura N 15 presenta el caso de uso agricultor

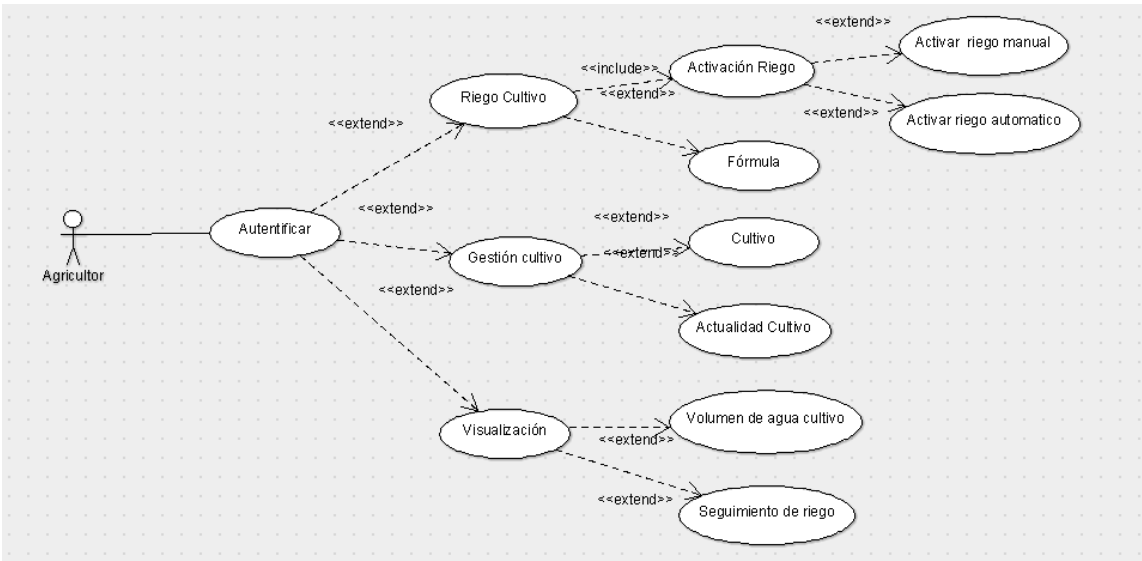


Figura 15: Caso de uso agricultor.
Elaborado por: (Torres, 2021).

• Casos de Uso de la aplicación

Los casos de uso de la aplicación se especifican usando un conjunto de tablas las mismas que se presentan desde la Tabla 21 hasta la Tabla 33.

Tabla 21.

CU-01 Acceso al sistema

Código: CU-01	Acceso al sistema.	
Objetivo	Acceder a la página principal del sistema.	
Requisitos asociados	Disponer de un computador.	
Descripción	Permite al usuario visualizar los últimos datos de los sensores enviados al servidor.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet y debe existir conexión con los sensores.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario ingresa la URL del aplicativo web al navegador.
	2	Se envía la petición al servidor HTTP.
	3	Despliegue diseño establecido código HTML
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	El sitio web permite visualizar los datos tomados por los sensores.	
Frecuencia esperada	50 veces por día	

Comentarios	
--------------------	--

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 22.

CU-02 Autenticación al sistema (Login)

Código: CU-02	Autenticación al sistema (Login)	
Objetivo	Controlar el acceso al sistema.	
Requisitos asociados	Deben existir datos usuarios registrados en la base de datos, para gestionar los módulos designados a cada rol.	
Descripción	Permite acceder al sistema mediante el usuario y contraseña.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario ingresa usuario y contraseña.
	2	Validación de los datos y dependiendo al rol se otorga los permisos a los módulos del sistema.
	3	Acceso al sistema
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	Ninguna	
Frecuencia esperada	5 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 23.

CU-03 Administración Usuario

Código: CU-03	Administración Usuarios	
Objetivo	Gestión de usuarios del sistema	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con la base de datos.	
Descripción	Permite gestionar al administrador un nuevo usuario y asignar un rol.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet y la información del nuevo usuario.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario administrativo ingresa al módulo Administración, selecciona clientes y click en registrar Usuario.
	2	El administrador ingresa la información del usuario (nombre, apellido, cédula, teléfono, correo, usuario, contraseña y asignarle un rol).
	3	Validación de la información ingresada por el Administrador.
	4	Visualización de los usuario creados

	5	Fin del caso de uso
Postcondición	Registro de usuario	
Frecuencia esperada	5 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 24.

CU-04 Administración roles.

Código: CU-04	Administración roles	
Objetivo	Gestión de roles del sistema	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con la base de datos.	
Descripción	Permite gestionar al administrador un nuevo rol y asignar los módulos respectivos.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario administrativo ingresa al módulo Administración, selecciona roles y click en registrar rol.
	2	El administrador ingresa la información del nuevo rol (rol y descripción)
	3	Validación de la información ingresada por el Administrador
	4	Visualización de los roles creados
	5	Asignación módulos al rol
	6	Fin del caso de uso
Postcondición	Registro de rol	
Frecuencia esperada	5 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 25.

CU-05 Gestión datos climatológicos humedad suelo

Código: CU-05	Gestión datos climatológicos humedad suelo	
Objetivo	Registrar lecturas manuales o del sensor	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con el sensor.	
Descripción	Registro de las lecturas del sensor YL-69	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	

Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario administrativo ingresa al módulo gestión datos climatológicos y seleccionar en humedad suelo.
	2	El usuario debe conectar el sensor de humedad suelo A y B para registrar valores enviados entre las 07h00 a 18h00 hrs cada hora puede realizar un registro con el valor del sensor.
	3	Se visualizan los datos de los sensores (hora, fecha, valor sensor).
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	Registro de humedad suelo A y B	
Frecuencia esperada	12 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 26.

CU-06 Gestión datos climatológicos humedad relativa.

Código: CU-06	Gestión datos climatológicos humedad relativa	
Objetivo	Registrar lecturas del sensor DHT11	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con el sensor.	
Descripción	Registro de las lecturas del sensor de humedad relativa.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario administrativo ingresa al módulo gestión datos climatológicos y seleccionar en humedad relativa.
	2	El usuario debe conectar el sensor de humedad relativa para almacenar valores entre las de 07h00 a 18h00 hrs, cada hora o puede realizar un registro con el valor del sensor.
	3	Se visualizan los datos del sensor (hora, fecha, valor sensor).
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	Registro de humedad relativa.	
Frecuencia esperada	12 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 27.

CU-07 Gestión datos climatológicos temperatura.

Código: CU-07	Gestión datos climatológicos temperatura
Objetivo	Registrar lecturas sensor DHT11

Requisitos asociados	Debe existir una conexión con el sensor.	
Descripción	Registro de las lecturas del sensor de temperatura.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario administrativo ingresa al módulo gestión sensores, selecciona temperatura.
	2	El usuario debe conectar el sensor de temperatura para almacenar la información enviada entre las 07h00 a 18h00 hrs, cada hora puede realizar un registro con el valor del sensor.
	3	Se visualiza los datos del sensor (hora, fecha, valor sensor).
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	Registro de temperatura.	
Frecuencia esperada	12 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 28.

CU-08 Gestión Cultivo

Código: CU-08	Gestión cultivo	
Objetivo	Gestionar cultivo	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con la base de datos.	
Descripción	Registro nuevo cultivo.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario agricultor ingresa al módulo gestión cultivos, selecciona en cultivo y click en registrar cultivo.
	2	Ingresa la información del nuevo cultivo (nombre, tiempo de maduración, kc1, kc2, kc3, kc4, distancia entre planta, distancia lateral de la planta, frecuencia de riego y la descripción del cultivo)
	3	Se visualiza los nuevos cultivos
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	Registro cultivos.	
Frecuencia esperada	2 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 29.

CU-09 Gestión cultivo actualidad.

Código: CU-09	Gestión cultivo	
Objetivo	Visualizar los riegos realizados en el cultivo	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con la base datos	
Descripción	Se visualizan los riegos realizados ya sea de manera automatizada o manual.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario administrativo ingresa al módulo gestión cultivos, selecciona actualidad cultivo.
	2	El servidor recupera los registros de riego realizados y los muestra.
	3	Se puede buscar por tipo de riego y fecha realizada.
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	Visualización riego en el cultivo .	
Frecuencia esperada	2 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 30.

CU-10 Visualización seguimiento de riego de un cultivo

Código: CU-10	Visualización seguimiento de riego en un cultivo	
Objetivo	Visualizar de forma gráfica los riegos realizados en un cultivo	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con la base de datos	
Descripción	Se visualizan los registros de riegos realizados y las variables climatológicas a las que fue regado el cultivo.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario administrativo ingresa al módulo visualización y click seguimiento de riego cultivo.
	2	Seleccionamos el tipo de cultivo click en buscar
	3	Se visualizan gráficamente los riegos realizados.
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	Visualización de riegos realizados en el cultivo	
Frecuencia esperada	10 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 31.

CU-11 Visualización volumen de agua cultivo.

Código: CU-11	Visualización volumen de agua	
Objetivo	Visualizar el volumen de agua cada una de sus etapas	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con la base de datos	
Descripción	Se visualizan las lecturas almacenadas del sensor (humedad relativa).	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario administrativo ingresa al módulo visualización y volumen de agua cultivo.
	2	Seguidamente escogemos en cultivo a visualizar.
	3	Click en el botón buscar
	4	Se visualiza el volumen de agua que requiere un cultivo en cada una de sus etapas.
	4	Fin del caso de uso
Postcondición	Visualización gráfica del volumen de agua en cada una de sus etapas.	
Frecuencia esperada	10 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 32.

CU-12 Riego Cultivo fórmula

Código: CU-12	Riego cultivo fórmula	
Objetivo	Calcular la evapotranspiración de referencia.	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con la base de datos	
Descripción	Permite calcula la ecuación de PENMAN-MONTEITH	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario agricultor debe ingresar al módulo riego cultivo y seleccionar el fórmula.
	2	Se visualiza la interfaz del cálculo de la fórmula.
	3	Si deseamos actualizar las constates de la formula click en el botón constantes fórmulas.
	4	Se muestra una interfaz donde nos permite ingresar datos como: velocidad del viento, altura de la estación, latitud del sitio, humedad relativa promedio, metros sobre el nivel del mar, porcentaje de nubosidad, temperatura máxima, temperatura promedio, temperatura mínima, flujo de calor y seleccionar el

		mes.
	5	Click en actualizar
	6	Se visualiza el nuevo cálculo realizado.
	7	Fin del caso de uso
Postcondición	Visualización cálculos de la ecuación penman-monteith	
Frecuencia esperada	50 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 33.

CU-13 Riego Cultivo

Código: CU-13	Riego Cultivo	
Objetivo	Programar el riego de un cultivo	
Requisitos asociados	Debe existir una conexión con el nodo coordinador	
Descripción	Se activar la electroválvula de manera manual o automatizada.	
Precondición	El usuario debe disponer de un computador con acceso a internet.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario agricultor ingresa al módulo riego cultivo y selecciona activación riego.
	2	Visualización interfaz activación riego e información de los cálculos realizados.
	3	Registrar un cultivo.
	4	Electroválvula (ON/OFF) de manera manual o automática (realiza un cálculo promedio de los nodos A y B para verificar si el suelo requiere agua posteriormente realiza los cálculos de evapotranspiración del cultivo, requerimiento de riego, volumen de agua para conocer cuando tiempo se necesita activarse la electroválvula para el suministro de agua).
	5	Registro de riego en el cultivo
	6	Fin del caso de uso
Postcondición	Activar o desactivar electroválvula.	
Frecuencia esperada	2 veces por día	
Comentarios		

Elaborado por: (Torres, 2021).

- **Modelo base de datos**

El modelo de base de datos está diseñado con base a reglas de normalización y a los conceptos propios del negocio. La Figura N 16 indica el modelo de base de datos del sistema.

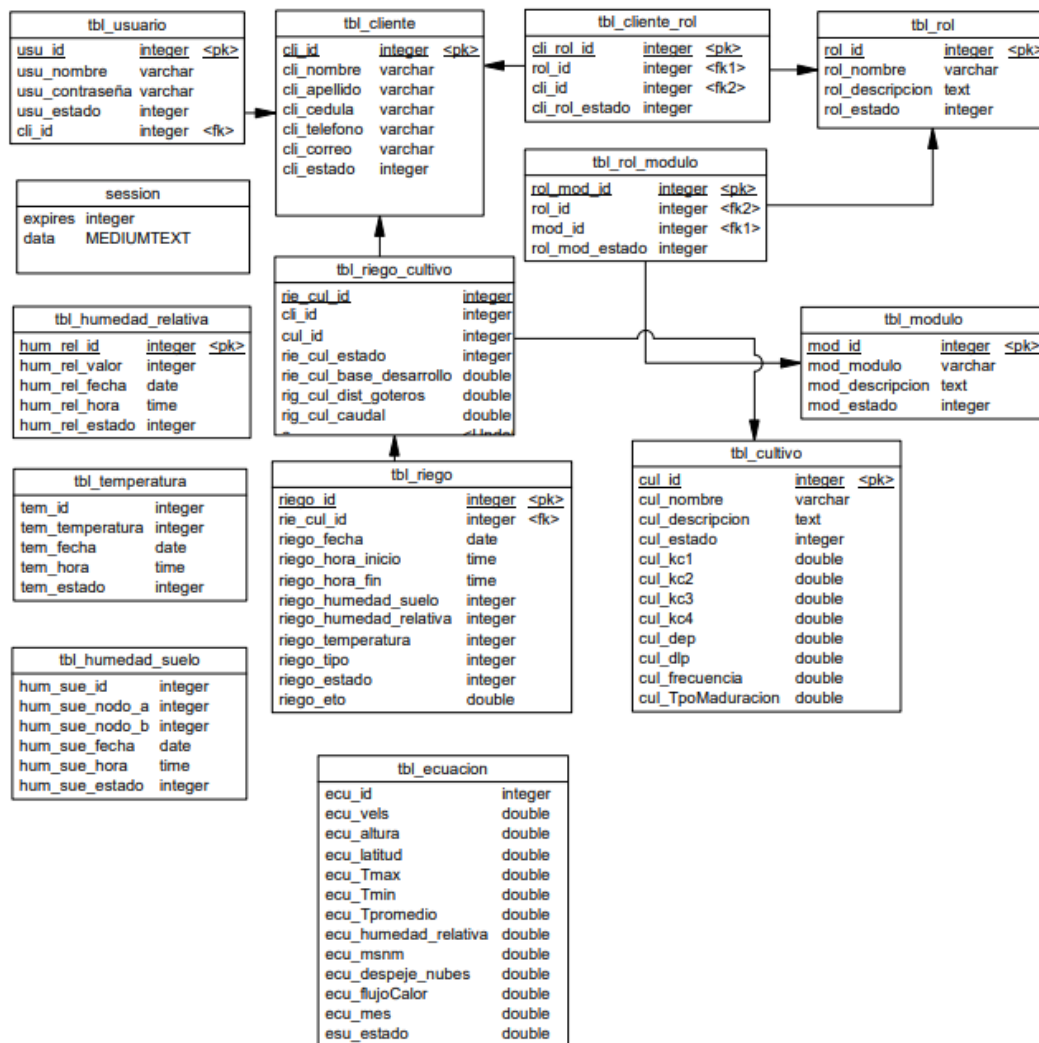


Figura 16: Modelo de base de datos
Elaborado por: (Torres, 2021).

- **Diagramas de procesos**

Este tipo de diagramas permite visualizar la secuencia e interacción de las actividades de un proceso, la Figura N 17 muestra el diagrama de procesos del usuario administrativo.

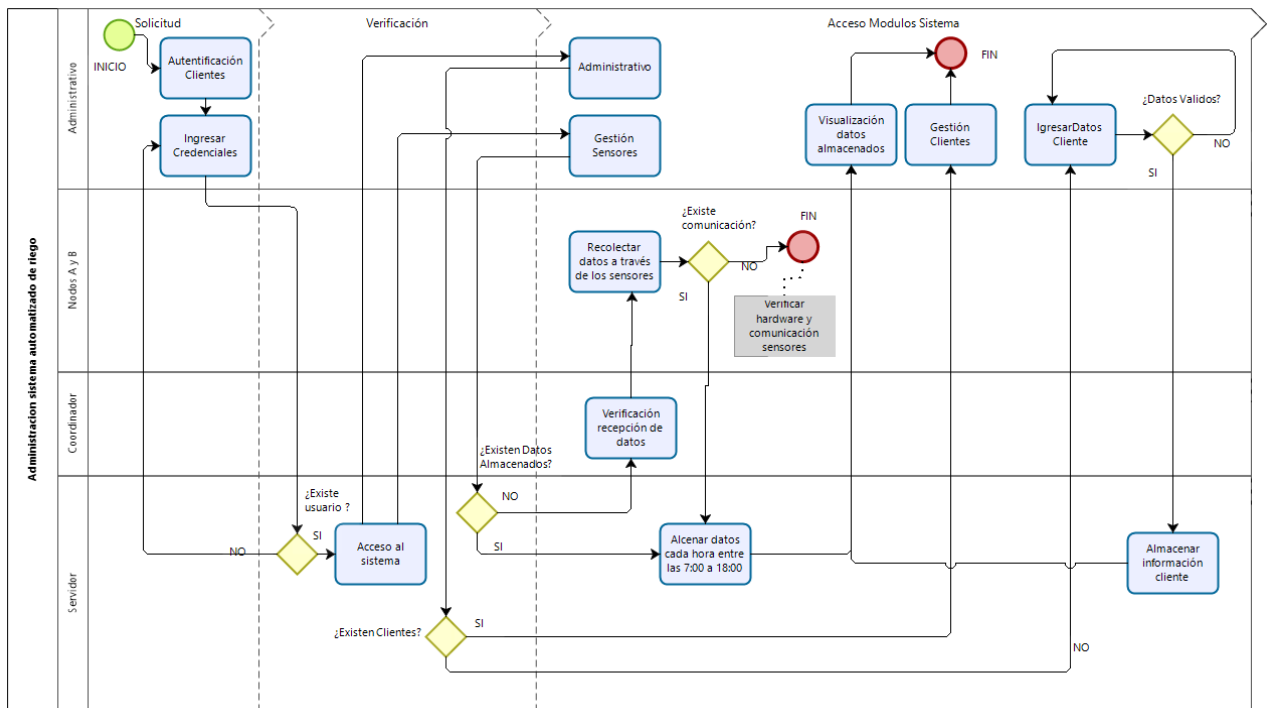


Figura 17: Diagrama de proceso del usuario administrativo.
Elaborado por: (Torres, 2021).

La Figura N 18 presenta el diagrama de procesos del usuario agricultor

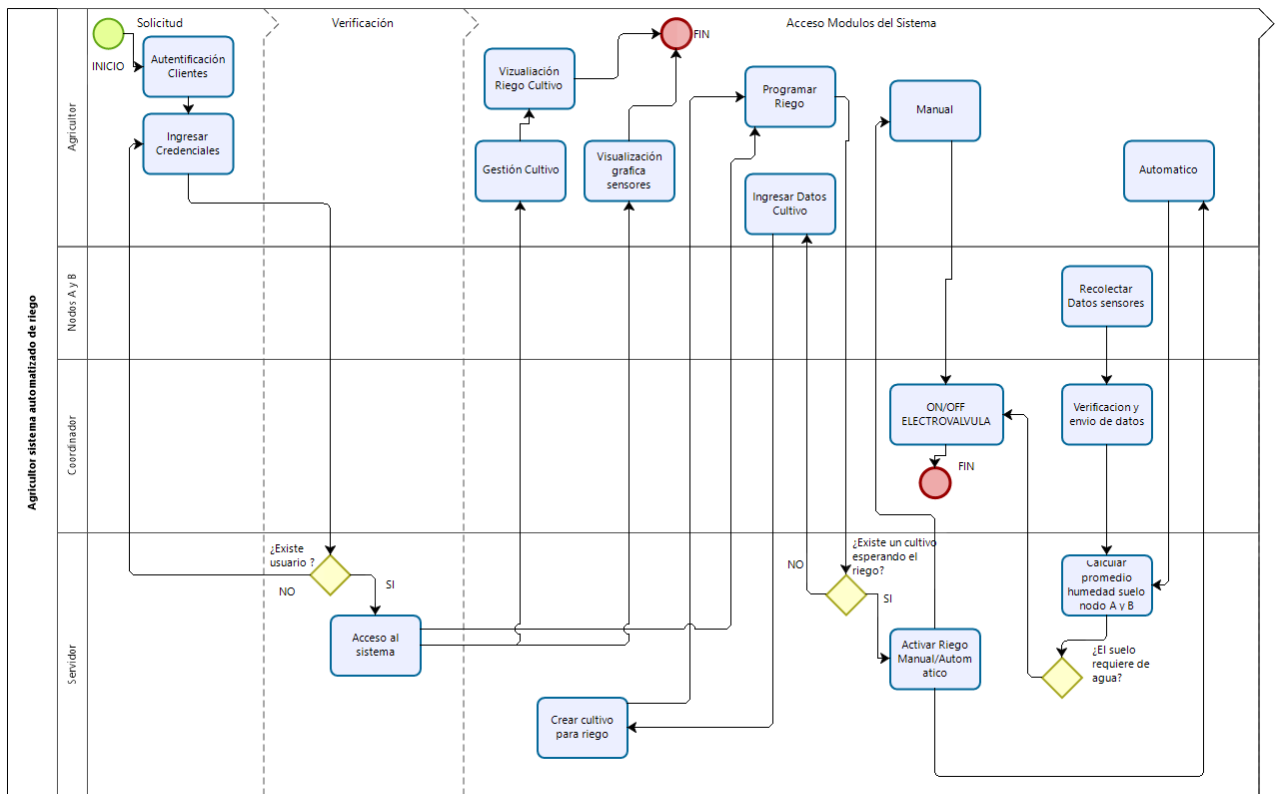


Figura 18: Diagrama de procesos del usuario agricultor.
Elaborado por: (Torres, 2021).

- **Diagrama de componentes**

Este tipo de diagramas representan las relaciones que existen entre los diferentes componentes individuales del sistema, La Figura 19 ilustra el diagrama de componentes del sistema propuesto.

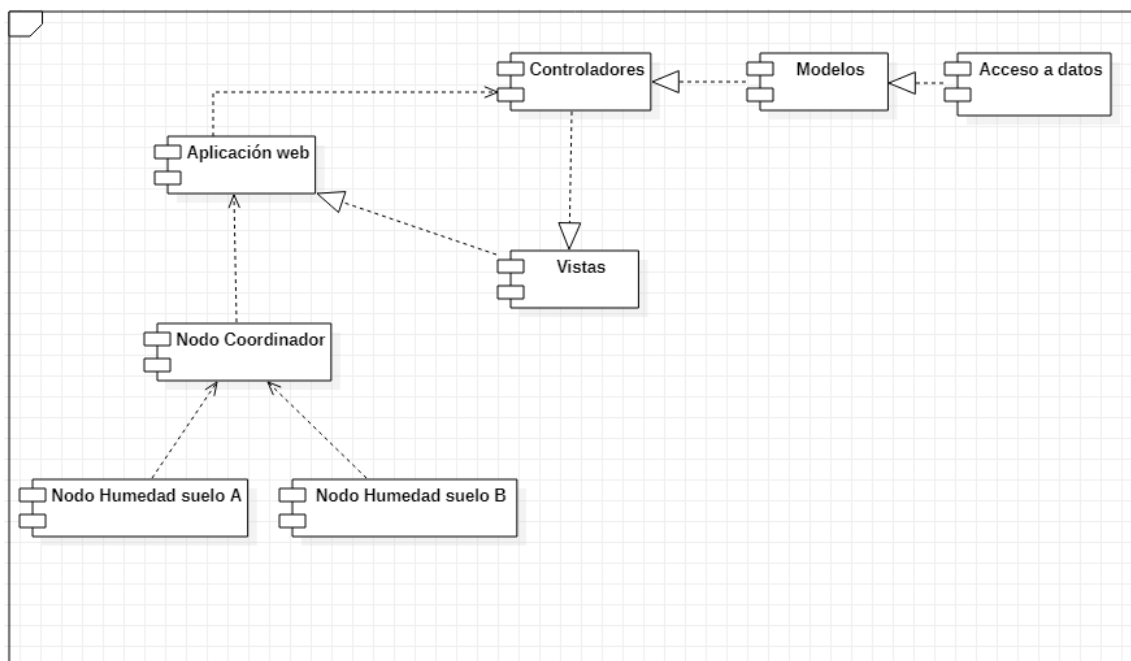


Figura 19: Diagrama de componentes del sistema.
Elaborado por: (Torres, 2021).

4.2.7. Pruebas del sistema

Una vez realizada la implementación de software se realizarón las pruebas funcionales para garantizar que el software se comporte según lo esperado, es decir, sin ningún problema. Las pruebas del sistema se especifican usando un conjunto de tablas las mismas se presentan desde la Tabla 34 hasta la Tabla 44.

Tabla 34.

Pruebas del sistema inicio sesión

Nombre de prueba:	Inicio de sesión (login)	
Objetivo	Verificar el inicio de sesión	
Entradas:	Usuario: prueba1 Contraseña: 12345	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si las credenciales de usuario son correctas se accederá a los módulos del sistema de acuerdo al rol que fue asignado.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 35.

Pruebas del sistema, registro usuario.

Nombre de prueba:	Registro de usuario	
Objetivo	Verificar el registro de usuarios.	
Entradas:	Información del usuario: nombre, apellido, cédula, teléfono, correo, usuario, contraseña y escoger el rol a asignar.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si el usuario se registra de manera correcta se visualiza el en nuevo usuario en la lista.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 36.

Pruebas del sistema, registro rol.

Nombre de prueba:	Registro de rol	
Objetivo	Verificar el proceso de registro de rol.	
Entradas:	Información del rol: rol, descripción.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si el rol se registra de manera correcta se visualiza el en nuevo rol en la lista.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 37.

Prueba del sistema, registro humedad suelo

Nombre de prueba:	Registro Humedad suelo	
Objetivo	Verificar el proceso de registro de humedad de los nodos A y B.	
Entradas:	Información del humedad suelo: valorA, valorB, fecha, hora.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si la humedad del suelo se registra de manera correcta se visualiza en la lista humedad suelo.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 38.

Pruebas del sistema, registro humedad relativa.

Nombre de prueba:	Registro Humedad relativa	
Objetivo	Verificar el proceso de registro de la humedad relativa.	
Entradas:	Información de humedad relativa: humedad relativa, fecha, hora.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si la humedad relativa se registra de manera correcta se visualiza en la lista.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 39.

Pruebas del sistema, registro temperatura.

Nombre de prueba:	Registro temperatura	
Objetivo	Verificar el proceso de registro de la temperatura del cultivo.	
Entradas:	Información de temperatura: temperatura, fecha, hora.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si la temperatura se registra de manera correcta se visualiza en la lista.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 40.

Pruebas del sistema, registro cultivo.

Nombre de prueba:	Registro cultivo	
Objetivo	Verificar el proceso de registro de un cultivo.	
Entradas:	Información de cultivo: cultivo, tiempo de maduración, kc1, kc2, kc3, kc4, distancia entre plantas, distancia entre laterales, frecuencia de riego, descripción.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si el cultivo se registra de manera correcta se visualiza en la lista.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 41.

Pruebas del sistema, registro formula

Nombre de prueba:	Registro formula	
Objetivo	Verificar el proceso de registro de un cultivo.	
Entradas:	Información de la fórmula: velocidad del viento, altura de la estación, latitud, humedad relativa, metros sobre el nivel del mar, porcentaje de nubosidad, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura promedio, flujo de calor y mes.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si la fórmula se registra de manera correcta se visualiza los nuevo cálculos realizados.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 42.

Pruebas del sistema, activar riego cultivo.

Nombre de prueba:	Activar riego cultivo	
Objetivo	Verificar el proceso de activación de la electroválvula.	
Entradas:	Información riego cultivo: escoger el cultivo de riego	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si se selecciona un cultivo se habilita el botón de riego manual o automático.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 43.

Pruebas del sistema, activar/desactivar electroválvula manual.

Nombre de prueba:	Activar/Desactivar riego cultivo manual	
Objetivo	Verificar el proceso de activación de la electroválvula.	
Entradas:	Información riego cultivo: cultivo, hora inicio, hora fin, fecha, humedad suelo, humedad relativa, temperatura y evapotranspiración	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Si activa o desactiva el riego manual se envía una orden al coordinador para ON/OFF de la electroválvula.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 44.

Pruebas del sistema, activar/desactivar electroválvula automática.

Nombre de prueba:	Activar/Desactivar riego cultivo automático	
Objetivo	Verificar el proceso de activación automático de la electroválvula.	
Entradas:	Información riego cultivo: cultivo, hora inicio, hora fin, fecha, humedad suelo, humedad relativa, temperatura y evapotranspiración	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Para activar o desactivar la electroválvula el nodo A y B realiza un cálculo promedio. Si el cultivo lo requiere se aplica agua según el tiempo calculado.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 45.

Pruebas del sistema, visualización gráfica de volumen de agua de un cultivo.

Nombre de prueba:	Visualizar volumen de agua del cultivo	
Objetivo	Visualizar la cantidad de agua que requiere un cultivo en cada etapa de desarrollo	
Entradas:	Información visualización gráfica del volumen de agua: se selecciona el tipo de cultivo.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Se visualiza de manera gráfica el volumen de agua que requiere un planta en su etapa de desarrollo	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 46.

Pruebas del sistema, visualización gráfica seguimiento cultivo

Nombre de prueba:	Visualizar seguimiento de riego del cultivo	
Objetivo	Visualizar las temperaturas a la que fue regado el cultivo.	
Entradas:	Información visualización gráfica del riego realizado en un cultivo.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False

Criterio de éxito:	Se visualiza de manera gráfica los riego realizado en un cultivo.
Resultado:	True

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 47.

Pruebas del hardware del sistema, comunicación inalámbrica

Nombre de prueba:	Validación comunicación inalámbrica	
Objetivo	Verificar la conexión de los módulos Xbee.	
Entradas:	Lectura de los sensores.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Se envía y recibe datos por medio de Xbee.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 48.

Pruebas del hardware del sistema, conexión con la base de datos

Nombre de prueba:	Validación conexión con la base de datos	
Objetivo	Verificar si existe una comunicación entre la base de datos y arduino.	
Entradas:	Envío de las lecturas tomadas de los sensores.	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Existe una conexión entre Arduino y la base de datos.	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

Tabla 49.

Pruebas del hardware del sistema, validación de activación de la electroválvula

Nombre de prueba:	Validación activación electroválvula	
Objetivo	Verificar si ON/OFF de la electroválvula.	
Entradas:	Orden de encendido o apagado de la electroválvula	
Salidas:	Afirmativo: True	Negativo: False
Criterio de éxito:	Activar o desactivar la electroválvula desde el aplicativo web	
Resultado:	True	

Elaborado por: (Torres, 2021).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados de la investigación

En el presente capítulo se presentarán los resultados del “PROTOTIPO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA E INTERNET DE LAS COSAS (IOT)”, para ingresar a la administración de módulos la aplicación web es necesario que los usuarios se encuentren registrados y otorgados un rol.

a) Interfaz inicio

En esta interfaz de inicio el usuario puede visualizar las variables climatológicas de la red de sensores que se implantó en el cultivo, la Figura N 20 ilustra la interfaz de inicio del sistema.



Figura 20: Interfaz inicio del sistema.
Elaborado por: (Torres, 2021).

b) Interfaz inicio de sesión

En esta interfaz los usuarios que tengan credenciales y asignado un rol pueden iniciar sesión. Sólo el Administrador puede crear usuarios, la Figura 21 ilustra la interfaz de inicio de sesión.

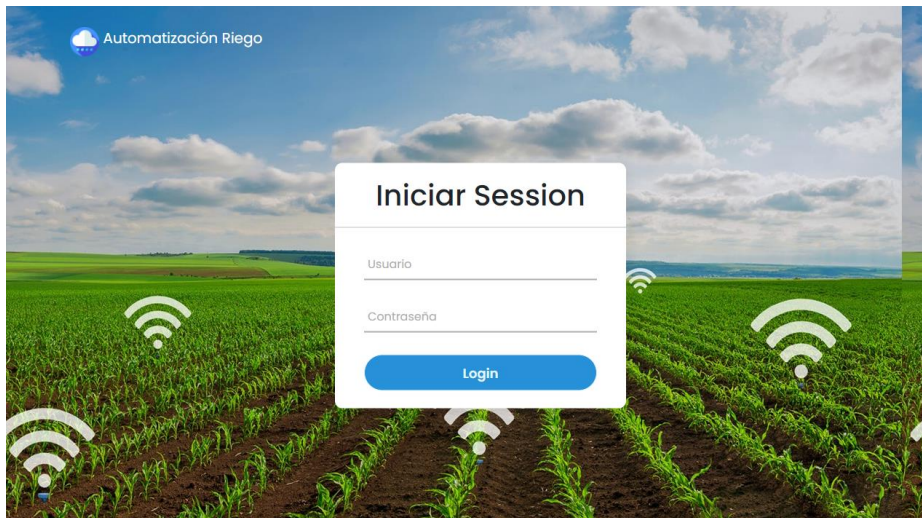


Figura 21: Interfaz inicio de sesión.
Elaborado por: (Torres, 2021).

5.2. Interfaces del Módulo Administrativo

El módulo administrativo permitirá la gestión de usuarios y roles del sistema, permitiendo otorgar el acceso a los módulos del aplicativo.

a) Interfaz Usuario

En esta interfaz se debe registrar los datos de los nuevos usuarios, cabe mencionar que al momento de crear un nuevo usuario se asigna un rol para el acceso al aplicativo web, la Figura N 22 ilustra la interfaz de usuario.

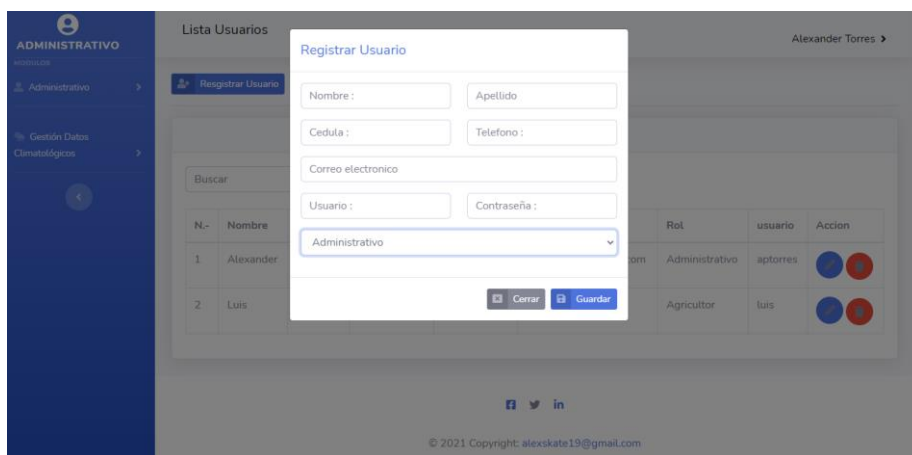


Figura 22: Interfaz de usuario.
Elaborado por: (Torres, 2021).

b) Interfaz Rol

En esta interfaz se debe llenar los campos del nuevo rol y una vez registrado el rol se asignará el acceso a los módulos del sistema, la Figura N 23 y 24 ilustran la interfaz rol.

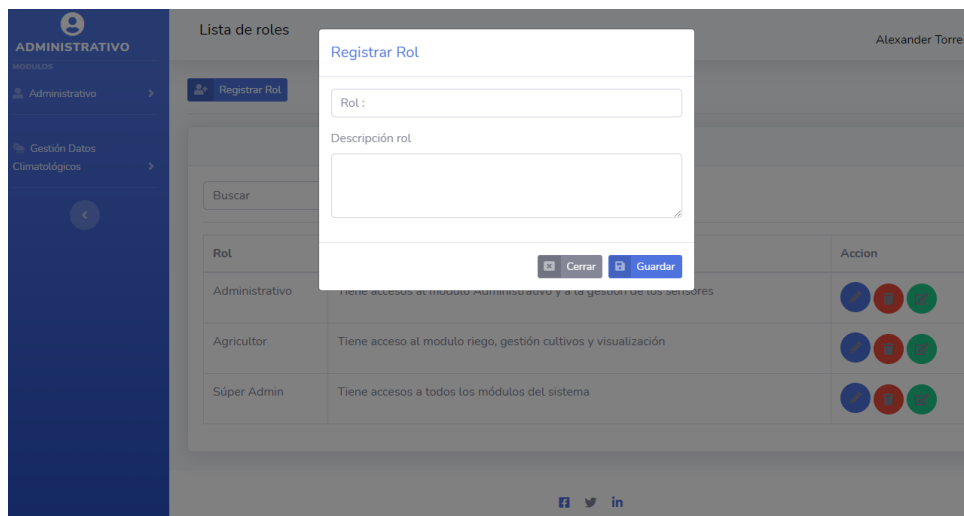


Figura 23: Interfaz registro rol.
Elaborado por: (Torres, 2021).

El usuario debe indicar los módulos que se van asignar al rol seleccionado.

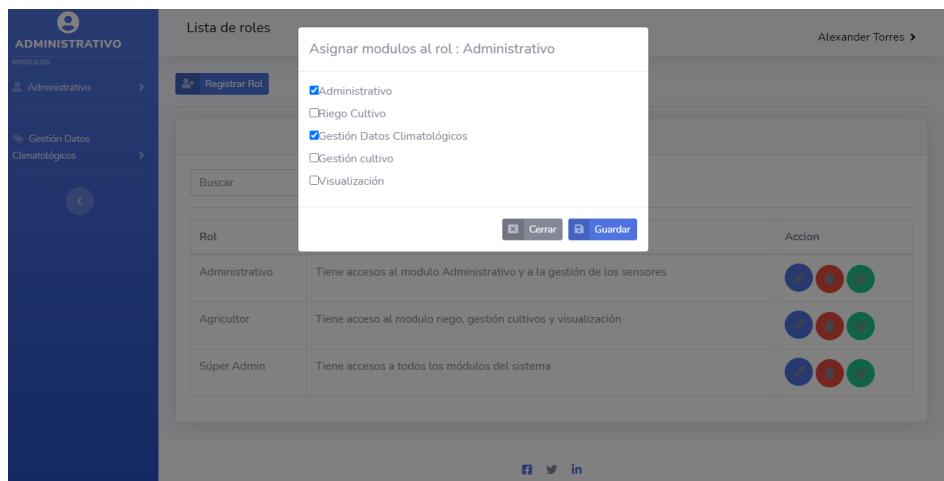


Figura 24: Interfaz asignación módulos del sistema.
Elaborado por: (Torres, 2021).

5.3. Interfaces del Módulo gestión datos climatológicos

En estas interfaces el usuario puede gestionar la red de sensores que fueron implantados en el cultivo, las Figuras N 25, 26 y 27 ilustran las interfaces del módulo gestión de sensores.

Id	Ndoos A	Ndoos B	Fecha	Hora	Accion
1	28 %	48 %	2021-08-01	13:00:57	[Edit] [Delete]
2	28 %	97 %	2021-08-01	09:00:39	[Edit] [Delete]
3	28 %	97 %	2021-08-01	09:00:27	[Edit] [Delete]

Figura 25: Interfaz gestión datos climatológicos humedad suelo.
Fuente: (Torres, 2021).

Id	Humedad Relativa	Fecha	Hora	Accion
1	70 ° C	2021-08-04	12:00:00	[Edit] [Delete]
2	65 ° C	2021-08-04	11:00:00	[Edit] [Delete]
3	45 ° C	2021-08-04	13:50:00	[Edit] [Delete]

Figura 26: Interfaz gestión datos climatológicos humedad relativa.
Elaborado por: (Torres, 2021).

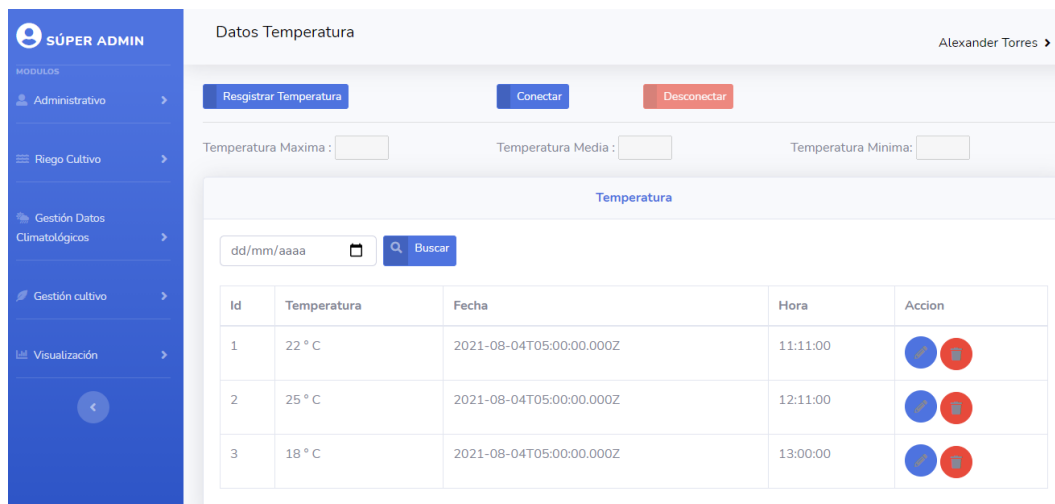


Figura 27: Interfaz gestión sensor temperatura.
Elaborado por: (Torres, 2021).

5.4. Interfaz del Módulo Riego cultivo

En esta interfaz el usuario podrá registrar un cultivo que desee ser regado, cabe mencionar que existen dos formas de programa el riego ya sea de manera manual o automatizada.

a) Interfaz registrar riego cultivo

Se debe escoger el cultivo y la fase a regar, además se debe ingresar la distancia entre gotero y el caudal de riego en caso de que no exista registrado un cultivo el usuario no podrá programar ningún riego, la Figura N 28 ilustra el registro de riego de un cultivo.

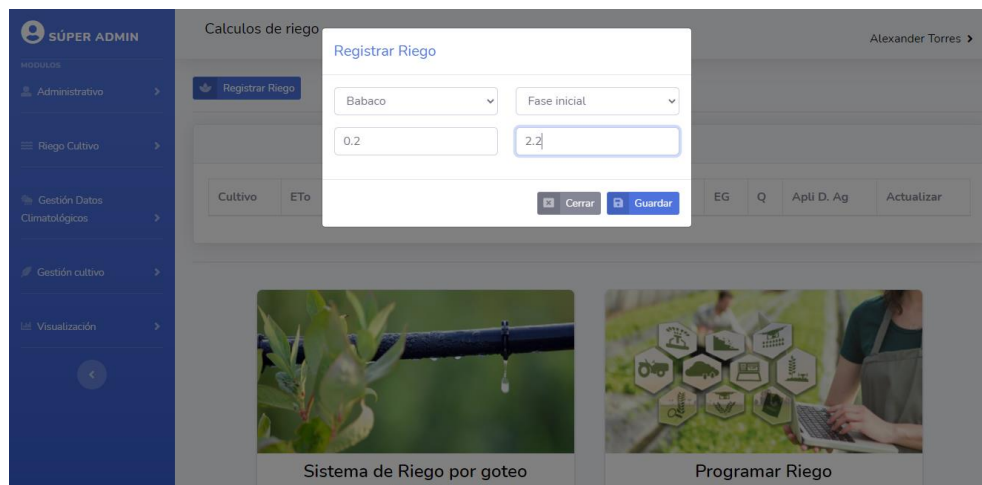


Figura 28: Interfaz registrar riego cultivo
Elaborado por: (Torres, 2021).

b) Interfaces activar electro válvula manual

En esta interfaz el usuario puede activar el riego manual, el cual una vez activado envía una orden al nodo coordinador para que active la electroválvula, la Figura N 29 y 30 ilustra la interfaz de la activación del riego manual.

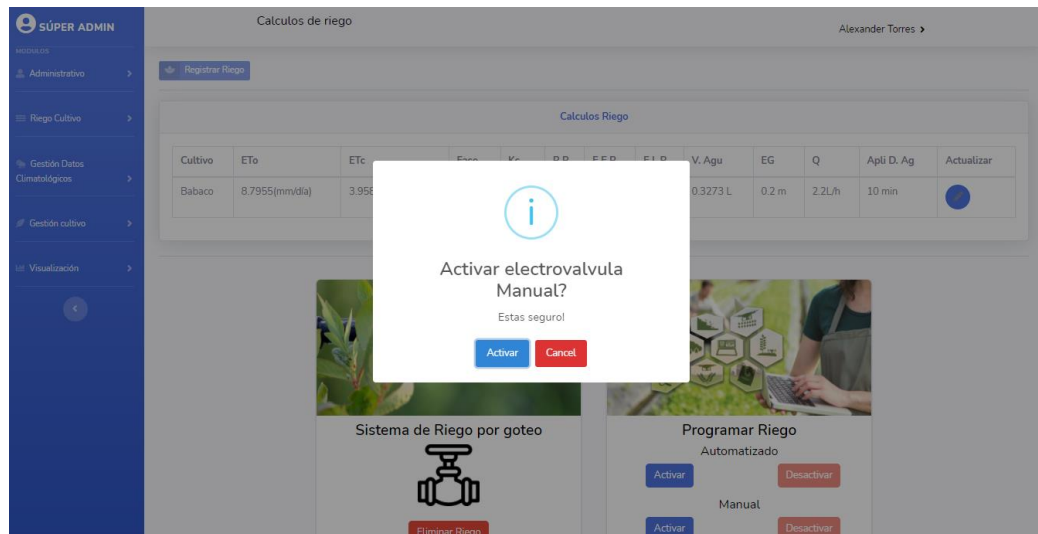


Figura 29: Interfaz activación electroválvula manual.
Elaborado por: (Torres, 2021).

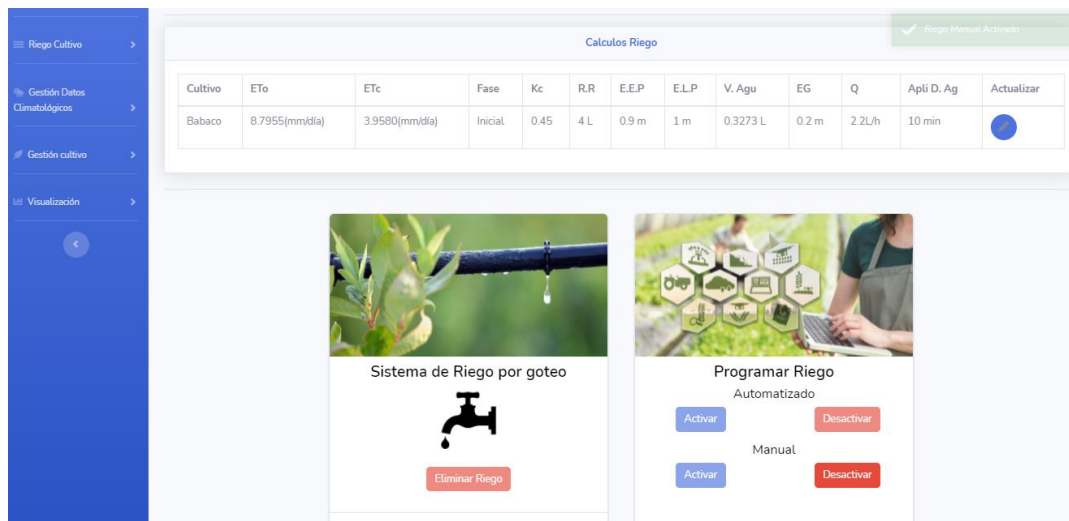


Figura 30: Interfaz riego manual activado.
Elaborado por: (Torres, 2021).

c) Interfaces Riego Automatizado

En esta interfaz el usuario puede activar el riego automatizado, el cual una vez activado realiza un cálculo promedio de los nodos A y B para verificar en qué condiciones se encuentra el suelo, si la temperatura suelo promedio es mayor que 75% envía una orden al nodo coordinador para que active la electroválvula y si es menor desactiva la electroválvula, la Figura N 31, 32 y 33 ilustra la interfaz de la activación del riego automatizado.

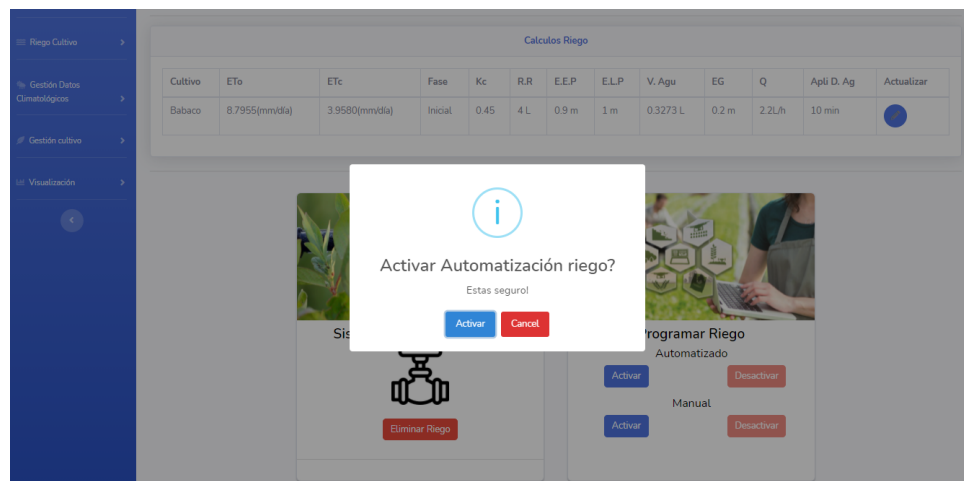


Figura 31: Interfaz activación automática riego
Elaborado por: (Torres, 2021).

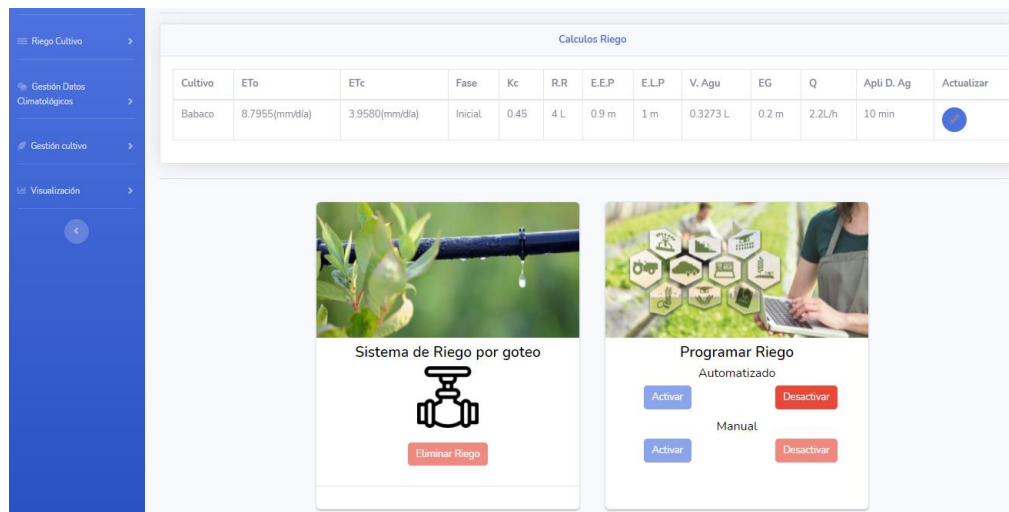


Figura 32: Interfaz activación electroválvula automática.
Elaborado por: (Torres, 2021).

d) Interfaz Fórmula

En esta interfaz el usuario puede realizar el cálculo de la evapotranspiración la Figura N 33 ilustra la interfaz de la fórmula de PENMAN-MONTEITH.

Rn	Ra	G	T	U2	es	ea	(es-ea)	y	ETo	
7.5463	35.6457	0	15 °C	324.0724	1.9360	1.0261	0.9099	0.1098	0.0514	8.1896

Figura 33: Interfaz fórmula PENMAN-MONTEITH.
Elaborado por: (Torres, 2021).

5.5. Interfaces del Módulo gestión cultivo

En estas interfaces el usuario puede gestionar el cultivo y a la vez visualizar el registro de todos los riegos realizados en el cultivo por el usuario.

a) Interfaz de cultivo

En esta interfaz el usuario puede registrar un nuevo cultivo, la Figura N 34 ilustra la interfaz cultivo.

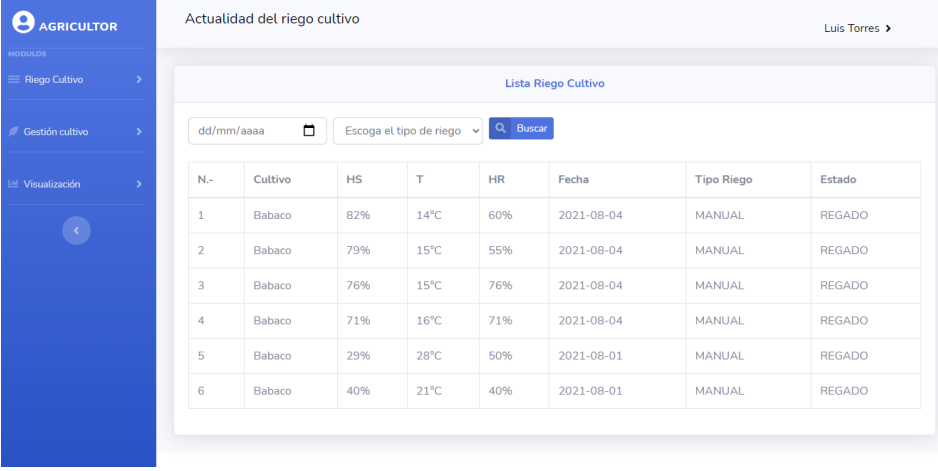
Id	CULTIVO	FR	DEP	DL
1	Babaco	11 d	0.9 m	1 m
2	Tomate	3 d	0.5 m	0.8 m
3	Lechuga	1 d	0.3 m	0.5 m

Figura 34: Interfaz gráfica cultivos

Elaborado por: (Torres, 2021).

b) Interfaz de actualidad de cultivo

En esta interfaz el usuario puede visualizar todos los riegos realizados en el cultivo ya sea de forma manual o automática, también se puede buscar por fecha y tipo de riego realizado, la Figura N 35 ilustra la interfaz gestión riego cultivo.



Actualidad del riego cultivo

Luis Torres >

Lista Riego Cultivo

dd/mm/aaaa Escoga el tipo de riego Buscar

N.-	Cultivo	HS	T	HR	Fecha	Tipo Riego	Estado
1	Babaco	82%	14°C	60%	2021-08-04	MANUAL	REGADO
2	Babaco	79%	15°C	55%	2021-08-04	MANUAL	REGADO
3	Babaco	76%	15°C	76%	2021-08-04	MANUAL	REGADO
4	Babaco	71%	16°C	71%	2021-08-04	MANUAL	REGADO
5	Babaco	29%	28°C	50%	2021-08-01	MANUAL	REGADO
6	Babaco	40%	21°C	40%	2021-08-01	MANUAL	REGADO

Figura 35: Interfaz gestión riego cultivo.

Elaborado por: (Torres, 2021).

5.6. Interfaces Módulo visualización

En estas interfaces el usuario puede visualizar de forma gráfica el volumen de agua que requiere un cultivo en su etapa de desarrollo y a la vez observar el seguimiento de riego en el cultivo la Figura 36 ilustra el nivel de agua que requiere un cultivo en cada una de sus etapas.

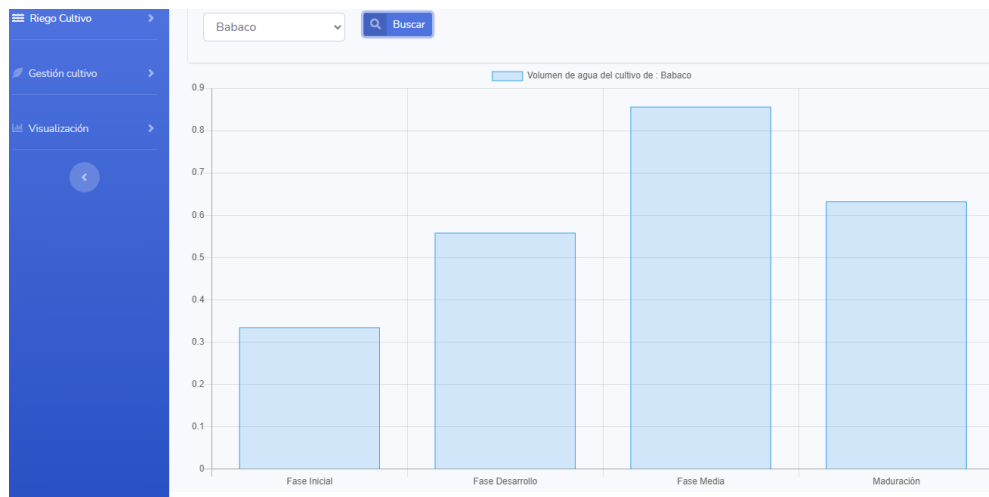


Figura 36: Interfaz visualización volumen de agua de un cultivo.
Elaborado por: (Torres, 2021).

5.7. Interfaz de hardware

La Figura 37 y 38 ilustran las interfaces de hardware que se implanto el sistema de riego.



Figura 37: Interfaz de hardware nodo coordinador
Elaborado por: (Torres, 2021)

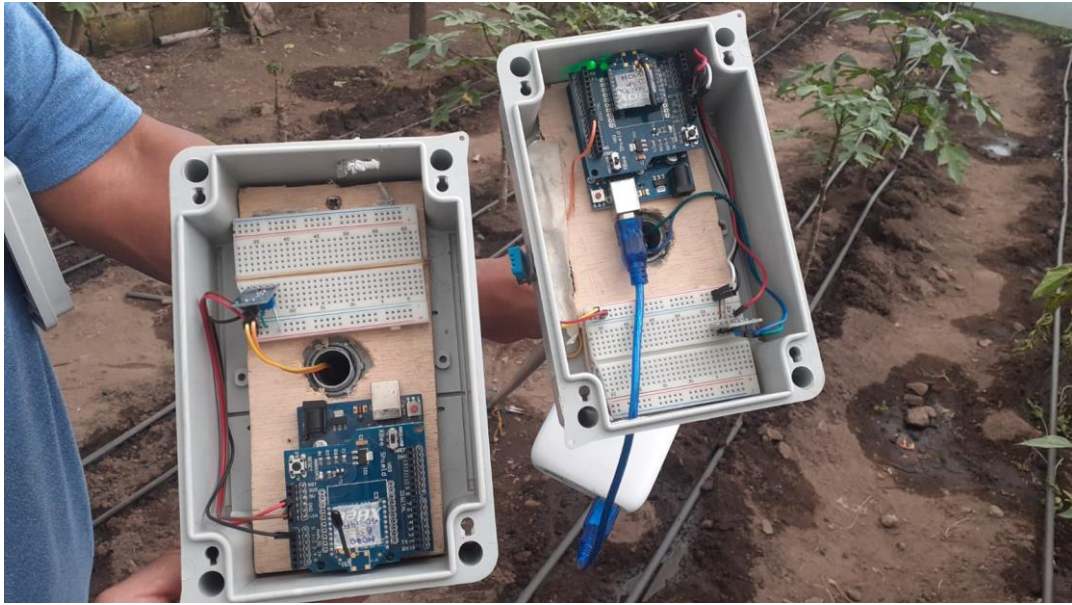


Figura 38: Interfaz de hardware nodo suelo A y B
Elaborado por: (Torres, 2021)

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Con relación a los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto de tesis denominado “*Prototipo de Automatización de un Sistema de Riego Controlado con Comunicación Inalámbrica e Internet de las Cosas (IOT)*” se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Al realizar un prototipo de automatización de un sistema de riego controlado mediante comunicación inalámbrica e Internet de las Cosas (IoT). El cual permite a los agricultores reducir el esfuerzo humano, disminuir costos de producción y lo más importante suministrar la cantidad de agua necesaria en el cultivo, la innovación tecnológica en los sistemas de riego hace el uso sostenible y responsable del agua.
- Se analizó información por el método de investigación bibliográfica acerca de los procesos de riego. Determinando que el riego por goteo se adapta a cualquier tipo de terreno y es el más eficiente en el consumo de agua, se puede controlar la cantidad aplicar a través de la relación caudal tiempo.
- Al realizar un análisis técnico de cultivos se determinando que existen factores que interviene el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como: la nutrición, el riego, las enfermedades y malezas, debido a estos factores es difícil obtener un producto de calidad.
- Se desarrolló un aplicativo web que recoge, almacena, analiza y visualiza datos climatológicos que son suministrados de una red de sensores los cuales se encuentran implantados en el cultivo, además se realiza cálculos de riego, los cuales permiten conocer la cantidad de agua a suministrarse.
- Se validó la conexión inalámbrica (xbee) de los nodos con el nodo coordinador, la comunicación con la base de datos y el aplicativo web, mismo que permite a

los agricultores llevar un registro de riegos realizados y el control de la electroválvula (ON/OFF) desde cualquier lugar con acceso a internet.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

A dar por concluido el proyecto de tesis denominado “***Prototipo de Automatización de un Sistema de Riego Controlado con Comunicación Inalámbrica e Internet de las Cosas (IOT)***” se han obtenido las siguientes recomendaciones:

- Capacitar y socializar al personal que tendrá el acceso a los módulos del sistema para que se utilice de forma eficiente el aplicativo web.
- La aplicación del internet de las cosas en el campo de la agricultura ha permitido monitorear variables climáticas dentro de un cultivo.
- Se recomienda comprar un alimentador de energía en caso de suspensión eléctrica para que el sistema pueda seguir funcionando correctamente.
- Analizar la información recolectada para futuros trabajos de automatización en el campo de la agricultura.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AbrahamG, por. (2020, junio 2). Cómo utilizar un sensor de humedad de suelo con Arduino. *Automatización para Todos*. <https://www.automatizacionparatodos.com/sensor-de-humedad-de-suelo-con-arduino/>
- Areny, R. P. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. Marcombo.
- Ascencios, D., Meza, K., Lluen, J., Simon, G., Ascencios, D., Meza, K., Lluen, J., & Simon, G. (2020). Calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un microcontrolador Arduino. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 95-105. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.540>
- Bell, D. (2003). *JAVA para estudiantes*. Pearson Educación.
- Cadena Lema, H. D. (2020). *DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE RIEGO MEDIANTE TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO APLICADA A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN LA GRANJA LA PRADERA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10296/2/04%20RED%20244%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Canales, A. R., & Martínez, J. M. M. (2010). *Automatización y telecontrol de sistemas de riego*. Marcombo.
- Caprile, S. (2009). *Equisbí: Desarrollo de aplicaciones con comunicación remota basadas en módulos ZigBee y 802.15.4* (1.^a ed.). Sergio R. Caprile.
- Cobo, Á. (2005). *PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web*. Ediciones Díaz de Santos.
- FAO. (2006). *Evapotranspiracion Del Cultivo: Guías Para Determinacion Los Requerimientos De Agua De Los Cultivos*. Food & Agriculture Org.

- Gobierno Autónomo Descentralizado de Imbabura. (2017). *PLAN PROVINCIAL DE RIEGO Y DRENAJE DE IMBABURA 2017-2037.pdf*.
<https://www.imbabura.gob.ec/phocadownload/K-Planes-programas/PLAN%20PROVINCIAL%20DE%20RIEGO%20Y%20DRENAJE%20DE%20IMBABURA%202017-2037.pdf>
- Huidobro, J. M. (2010). *Manual de Domótica*. Creaciones Copyright SL.
- Ibáñez, L. H. (2006). *Administración de Sistemas Gestores de Base de Datos*. 2ª Edición. Grupo Editorial RA-MA.
- Junestrand, S., Passaret, X., & Vázquez Álvarez, D. (2004). *Domótica y hogar digital*. Editorial Paraninfo.
- López, P. P. (2016). *Robótica y domótica básica con Arduino*. Grupo Editorial RA-MA.
- Lucero Arroyo, L. T. (2020). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CULTIVO AEROPÓNICO DE HORTALIZAS EN EL BARRIO 19 DE ENERO, IBARRA*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10169/2/04%20MEL%20082%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Maestre, J. (2015). *Domótica para ingenieros*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Martín, J. C. (2011). *Iniciación a la domótica (Instalaciones domóticas)*. Editex.
- MDN. (2020, junio 10). *Introducción a Express/Node*. Documentación web de MDN.
https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Server-side/Express_Nodejs/Introduction
- Millahual, C. P. (2017). *Arduino - De Cero a Experto: Proyectos Prácticos - Electrónica, hardware y programación*. RedUsers.
- Moisés, Barrio, A. (2018). *Internet de las Cosas*. Editorial Reus.
- Organization, W. I. P. (2020). *WIPO Magazine, Issue 1/2020 (March) (Spanish version)*. WIPO.

- Pardo Solano, F. V., & Casa Yanguicela, J. C. (2020). *Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del Centro Experimental Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6822>
- Pinos, L., & Augusta, M. (2015). *Manual para la aplicación de la tecnología ZigBee para edificios inteligentes en la ciudad de Cuenca*. 150.
- Piñeiro Gómez, J. M. (2014). *Diseño de bases de datos relacionales*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Puciarelli, L. (2020). *Node JS - Vol. 2: Sistema de archivos – Consola – Servidor web*. RedUsers.
- RedUSERS. (2016). *Access 2013 - Guía práctica: Gestione información de la manera más productiva*. RedUsers.
- Salazar, P. L. (2009). *Robótica Y Automática en El Aula: Trabajando Con Microcontroladores Picaxe*. Lulu.com.
- Shaxson, F., & Barber, R. (2008). *Optimizacion De La Humedad Del Suelo Para La Produccion Vegetal-el Significado De La Porosidad Del Suelo*. Food & Agriculture Org.
- Spona, H. (2010). *Programación de Bases de Datos con MYSQL y PHP*. Marcombo.
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (1988). *Los suelos y su fertilidad*. Reverte.
- Torrecillas, J. M. S. (2007). *Protocolo ZigBee (IEEE 802. 36*.

CAPÍTULO IX

ANEXOS

Anexo 1: Tablero coordinador



Anexo 2: Implantación de sistema de riego por goteo



Anexo 3: Implantación de los nodos



Anexo 4: Sistema de riego activado



Anexo 5 : Formato de entrevista

Entrevista sobre los sistemas de riego

- 1. ¿Qué opina del acerca de los sistemas de riego en la agricultura?**
- 2. ¿A qué hora del día recomienda regar un cultivo?**
- 3. ¿Cuál sistema de riego es más eficiente?**
- 4. ¿Es importante llevar un control de riego?**
- 5. ¿Cuáles son los factores climatológicos que afectan en el proceso de riego?**
- 6. ¿Es necesario conocer la cantidad de agua a suministrar a un cultivo?**
- 7. ¿Qué le sucede al cultivo cuando existe escases de agua?**
- 8. ¿Qué le sucede al cultivo cuando excede la cantidad de agua?**
- 9. ¿Cuáles las etapas de desarrollo un cultivo?**
- 10. ¿Es importante llevar un control de humedad en el cultivo?**
- 11. ¿Es importante calcular la evapotranspiración?**
- 12. ¿Piensa que es importante automatizar un sistema de riego?**

Anexo 6: Certificado turnitin

20/12/21 11:14

Turnitin

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 08-dic.-2021 10:06 -05
Identificador: 1724422017
Número de palabras: 17882
Entregado: 1

Índice de similitud
8%

Similitud según fuente	
Internet Sources:	9%
Publicaciones:	1%
Trabajos del estudiante:	7%

5. Informe final - TORRES ALEXANDER
- 08DIC2021 Por Alexander Torres

1% match ()

[Valverde Quispe, Anthony Patricio, "Aplicación web móvil para la gestión de planificación curricular en la unidad educativa San Pedro Pascual de la ciudad de Ibarra utilizando herramientas libres Codeigniter y Ionic 2", 2018](#)

1% match ()

[Cadena Lema, Héctor Darío, "Diseño de un sistema para el control de riego mediante técnicas de aprendizaje automático aplicada a la agricultura de precisión en la granja La Pradera de la universidad Técnica del Norte", 2020](#)

1% match (trabajos de los estudiantes desde 24-ago.-2021)

[Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2021-08-24](#)

1% match (trabajos de los estudiantes desde 12-nov.-2020)

[Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2020-11-12](#)

1% match (Internet desde 11-abr.-2021)

<http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/522/1/Trabajo%20de%20Titulacion%20Jose%20David%20Ibadango.pdf>

1% match (Internet desde 11-abr.-2021)

<http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/417/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

1% match (trabajos de los estudiantes desde 04-jul.-2016)

[Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS on 2016-07-04](#)

1% match (trabajos de los estudiantes desde 29-jul.-2020)

[Submitted to Universidad Politécnica Estatal de Carchi on 2020-07-29](#)

1% match (Internet desde 08-may.-2021)

http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8874/3/2017_Calle-Alvarado.pdf

1% match (Internet desde 25-oct.-2020)

<http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/16342/1/TorresRodriguezJeniferAndrea2019.pdf>

1% match (Internet desde 13-jun.-2018)

<https://documents.mx/documents/evapotranspiracion.html>

[Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra ESCUELA DE INGENIERÍA INFORME FINAL DEL PROYECTO TEMA: PROTOTIPO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO](#)

Anexo 7: Carta de Aceptación

San Pablo, 10 de agosto del 2021

Magister

Stalin Marcelo Arciniegas Aguirre

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA PUCE-SI

De mi consideración:

La presente tiene como objetivo, hacerle conocer que yo, María Angelita Torres Morales con CI: **100197121-5**, **PROPIETARIA** del espacio de terreno donde se implanto el sistema que se encuentra ubicado en el cantón Otavalo Provincia de Imbabura.

Informarle a usted que el alumno Alexander Paul Torres Quinchiguango con CI: **100364893-6**, de la carrera de Ingeniería en Sistemas, ha entregado el proyecto de grado denominado: "PROTOTIPO DE AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA E INTERNET DE LAS COSAS (IOT)", estando complacido ya que se ha cumplido a cabalidad con lo requerido.

Esto es cuanto puedo informar sobre el proyecto y agradezco de antemano a la Escuela de ingeniería por tomar en cuenta.

Muy atentamente

Lic. María Angelita Torres
PROPIETARIA

MANUAL TÉCNICO

El manual técnico tiene la finalidad de brindar a los usuarios información detallada acerca del prototipo de desarrollo, ya que es importante a la hora de realizar el mantenimiento del proyecto.

1) Instalación programas

- Node Js

Sirve como servidor permite establecer una comunicación entre hardware y software y puede ser descargado desde la página del fabricante. (<https://nodejs.org/es/download/>). Una vez descargado ejecutar el programa e instalar. El Anexo N 8 ilustra el sitio web de descarga de node js.

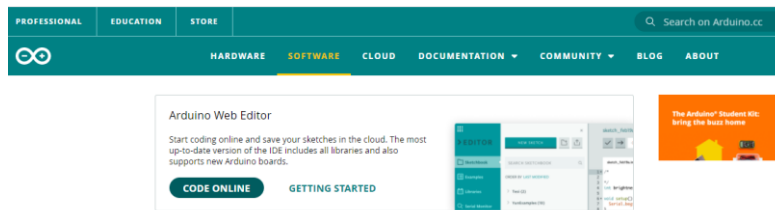
Anexo 8: Sitio web de descarga node js



- IDE Arduino

Es un entorno de desarrollo multiplataforma que permite escribir y grabar código para que el Arduino funcione como nosotros deseamos, puede ser descargado de la página oficial (<https://www.arduino.cc/en/software>), ejecutar el programa e instalarlo. El Anexo N 9 ilustra la página oficial de descarga del IDE Arduino.

Anexo 9 :Página oficial de descarga IDE Arduino.



Downloads

- XCTU

XCTU permite la configuración de los módulos Xbee este programa se puede descargar de la página del fabricante (<https://www.digi.com/products/embedded-systems/digi-xbee/digi-xbee-tools/xctu>). El Anexo N 10 ilustra la página oficial de descarga XCTU.

Anexo 10: Página oficial de descarga XCTU

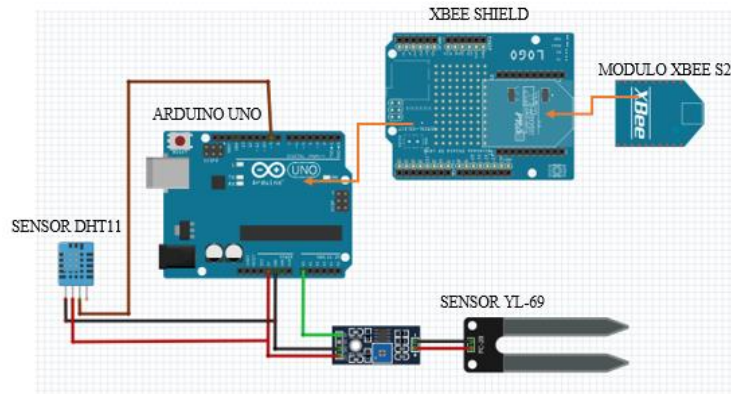


2) Ensamble y configuración nodos

- Nodo humedad suelo A

Este nodo permite medir la humedad del suelo, humedad relativa y temperatura para posteriormente enviarla al nodo central, El Anexo N 11 ilustra el circuito electrónico del nodo humedad suelo A.

Anexo 11: Circuito electrónico nodo humedad suelo A



Para el ensamblaje del nodo A se requiere lo siguiente:

- Arduino Uno R3
- Xbee Shield
- S2 Xbee con antena
- Sensor de humedad YL-69
- Sensor de humedad DHT11
- Cargador Solar con batería externa de 10000 mAh
- Cable USB de A a B
- Cable bipolar de parlante 2 metros
- Caja contenedora de plástico 175x100x66mm
- Tubo de acero galvanizado de 2 metros

Este nodo fue programado para leer las señales analógicas como: humedad suelo, temperatura y humedad relativa gracias a los sensores YL-69 y DHT11 para posteriormente ser transmitidas mediante Xbee, El Anexo N 12 ilustra la codificación del nodo humedad suelo A.

Anexo 12: Codificación nodo humedad suelo A.



- Nodo humedad suelo B

Este nodo permite medir la humedad del suelo para posteriormente enviarla al nodo central, El Anexo N 13 ilustra el circuito electrónico del nodo humedad suelo B.

Anexo 13: Circuito electrónico nodo humedad suelo B.

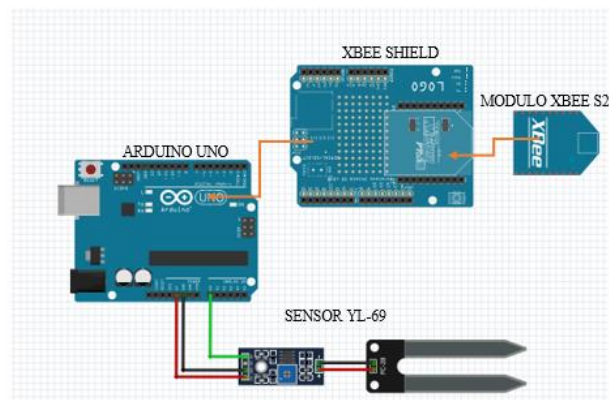


Figura 1: Circuito electrónico nodo humedad suelo B.
Elaborado por: (Torres, 2021).

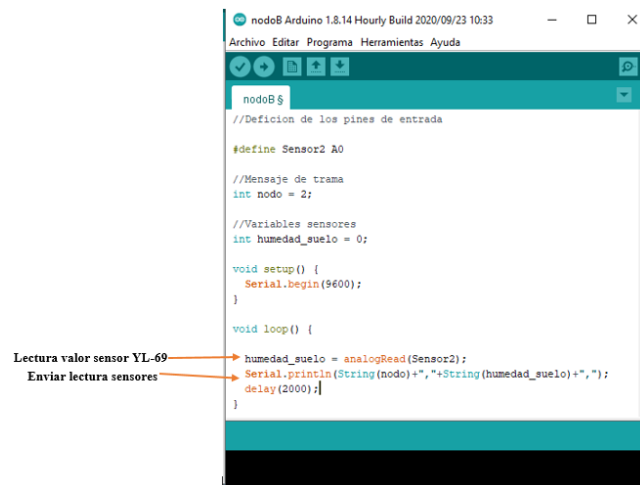
Para el ensamblaje del nodo B se requiere lo siguiente:

- Arduino Uno R3
- Xbee Shield

- S2 Xbee con antena
- Sensor de humedad YL-69
- Cargador Solar con batería externa de 10000 mAh
- Cable USB de A a B
- Cable bipolar de parlante 2 metros
- Caja contenedora de plástico 175x100x66mm
- Tubo de acero galvanizado de 2 metros

Este nodo fue programado para leer las señales analógicas de la humedad suelo gracias al sensor YL-69 para posteriormente ser transmitidas mediante Xbee, el Anexo N 14 ilustra la codificación del nodo humedad suelo B.

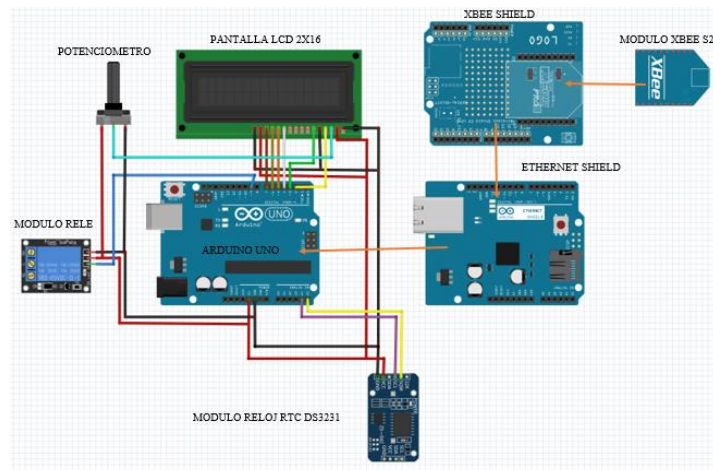
Anexo 14: Codificación nodo humedad suelo B.



• Nodo Coordinador

Este nodo central recibe la información de los nodos humedad suelo A y B para ser visualizados en una pantalla, se envía los datos recolectados a un servidor y recibe órdenes para manejar la electroválvula (ON/OFF). El Anexo 15 ilustra el circuito electrónico del nodo coordinador.

Anexo 15: Circuito electrónico nodo coordinador.



Para el ensamblaje del nodo coordinador se requiere lo siguiente:

- Arduino Uno R3
- Ethernet shield
- Xbee Shield
- S2 Xbee con antena
- Pantalla lcd 2x16
- Módulo reloj RTC DS3231
- Módulo relé
- Cable RJ-45
- Cargador para Arduino
- Potenciómetro
- 2 tomas corrientes

Este nodo fue programado para recibir y visualizar la información de los sensores implantados en el cultivo, y a la vez enviar dicha información a un servidor local, El Anexo N 16 ilustra la codificación de nodo coordinador.

Anexo 16: Codificación nodo coordinador.

```

Cordinador $
//Cordinador
#include <Ethernet.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <LiquidCrystal.h>
//Inicializacion library
//WPC_000000_0000
//DS E DS DS DS DS
LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
//Variables Ethernet
byte mac[] = {
  0x2E, 0x0A, 0x0B, 0xEF, 0xFE, 0x0D
};
IPAddress ip(192, 168, 1, 177);
EthernetClient client;
//Seccion main
char server[] = "192.168.1.150";
//Variables Climatologica
int humedad_suelo_nodoA = 0;
int humedad_relativa_A = 0;
int temperatura_A = 0;
int humedad_suelo_nodoB = 0;
//Transm
String estado = "EVD";
char separator = ",";
int data[5];
//Variables HTTP
String fecha_actual;
String hora_actual;
unsigned long lastConnectionTime = 0; //Alm
const unsigned long postingInterval = 10 * 1000L // 10 s

void loop() {
  delay(1000);
  //Metodo
  leerDatosSensores();
  leerDatosServidor();
  if (millis() - lastConnectionTime >
    httprequest();
  }
}

void loop() {
  delay(1000);
  //Metodo
  leerDatosSensores();
  leerDatosServidor();
  if (millis() - lastConnectionTime >
    httprequest();
  }
}

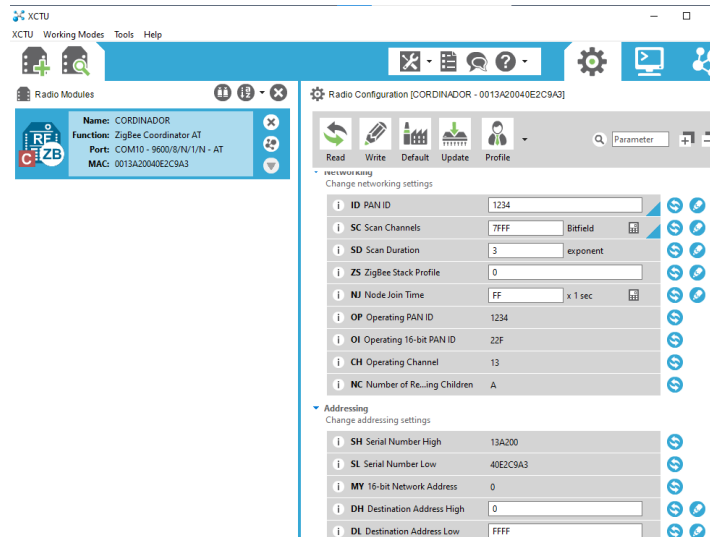
void httprequest() {
  client.stop();
  if (client.connect(server, 80)) {
    Serial.println("Conectando...");
    client.print("GET /ActualizarInfo/conectar/");
    client.print(humedad_suelo_nodoA);
    client.print(humedad_suelo_nodoB);
    client.print(humedad_relativa_A);
    client.print(humedad_relativa_B);
    client.print(temperatura_A);
    client.print(fecha_actual);
    client.print(hora_actual);
  }
}

```

3) Configuración Xbee

El software XCTU nos permite configurar la red de los módulos Xbee S2, cabe mencionar que se debe existir un nodo configurado como coordinador y a la vez deben tener el mismo PAD ID, el Anexo N 17 ilustra la configuración del Xbee S2 como coordinador Xbee S2.

Anexo 17: Configuración Xbee S2 como coordinador.



Anexo 18: Configuración módulo Xbee S2 como dispositivo final.

