



Sistema De Riego Automatizado Para La Huerta Escolar Del Colegio Victorioso

**Franyer Stiven Mendez Guzman
20441327098**

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Villavicencio, Colombia

2023

Sistema De Riego Automatizado Para La Huerta Escolar Del Colegio Victorioso

Franyer stiven Mendez Guzman

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electrónico

Director:

PhD. Javier Fernando Castaño

Línea de Investigación:

Automatización

Semillero de Investigación:

Semillero de Investigación en Tecnologías Analógicas y Digitales SITAD

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Villavicencio, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado
Sistema De Riego Automatizado Para
La Huerta Escolar Del Colegio
Victorioso, Cumple con los
requisitos para optar
Al título de Ingeniero Electrónico.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Villavicencio, 09 de Mayo del 2023.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| AGRADECIMIENTOS | XI |
| RESUMEN | XII |
| ABSTRACT | XIII |
| INTRODUCCIÓN | XIV |
| 1. ANTECEDENTES | 15 |
| 2. OBJETIVOS | 16 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL | 16 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 16 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 17 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 18 |
| 4.1. SISTEMAS DE RIEGO..... | 8 |
| 4.2. TIPOS DE RIEGOS | 19 |
| 4.2.1. RIEGO POR ASPERCIÓN..... | 19 |
| 4.2.2. RIEGO POR GOTEO | 19 |
| 4.2.3. RIEGO HIDROPÓNICO..... | 20 |
| 4.2.4. RIEGO POR GRAVEDAD..... | 21 |
| 4.3. SENSOR DE HUMEDAD..... | 22 |
| 4.3.1. Tipos de sensores..... | 21 |
| 4.4. SISTEMAS DE CONTROL | |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO | 25 |
| 5.1. FASE I: IDENTIFICAR LAS VARIABLES AMBIENTALES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA A LA HORA DE REALIZAR EL | |

| | |
|--|-----------|
| SISTEMA DE RIEGO..... | 26 |
| 5.2. FASE II CARACTERIZAR LOS SENSORES DE HUMEDAD Y DISPOSITIVOS AJUSTADOS A LA HUERTA DEL COLEGIO VICTORIOSO..... | |
| 5.3. FASE III PROYECTAR EL SISTEMA DE CONTROL, DE ACUERDO A LA NECESIDAD DEL CULTIVO..... | 30 |
| 5.4. FASE IV DISEÑAR Y EJECUTAR EL PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO EN EL CAMPO AGRÍCOLA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO VICTORIOSO..... | 32 |
| 6. CONCLUSIONES | 40 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 41 |

Lista de Figuras

| | Pág. |
|---|-----------|
| Fig. 4.1 Sistema de Riego en Cultivo..... | 18 |
| Fig. 4.2 Sistema de Riego en Aspersión..... | 19 |
| Fig. 4.3 Sistema de Riego por Goteo | 20 |
| Fig. 4.4 Sistema de Riego Hidropónico..... | 21 |
| Fig.4.5 Sistema de Riego por Gravedad..... | 21 |
| Fig. 4-6. Sensor de Humedad en Terreno | 23 |
| Fig. 4.7 Tarjeta Raspberry PI | 25 |
| Fig. 5.1 Etapas Fenológicas de la sandía | 27 |
| Fig. 5.2 Riego de cultivo de sandia Manualmente | 29 |
| Fig 5.3 Diagrama de Flujo del sistema | 30 |
| Fig. 5-4 Sistema De control para el riego automatizado..... | 31 |
| Fig .5-5 cultivo de sandia | 32 |
| Fig 5-6 Sistema Hidráulico conexión válvula..... | 33 |
| Fig 5-7 Sistema Hidráulico terminado..... | 34 |
| Fig 5-8 conexión punto eléctrico | 35 |
| Fig.6-1 Toma de datos en clima soleado..... | 36 |
| Fig.6-2 Toma de datos en clima lluvioso..... | 37 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla N° 1 temperaturas optima del fruto de la sandia | 28 |
| Tabla N° 2 Tiempo de riego según la época del año..... | 28 |
| Tabla N° 3 Datos capturados del sensor en una semana..... | 35 |

*Agradezco a Dios y a ti madre
María Jackeline guzman Giraldo por su
infinito amor y apoyo, quien fue mi gran
motor e inspiración. El Señor es mi
fuerza y mi escudo; mi corazón en él
confía; de él recibo ayuda. Mi corazón
salta de alegría, y con cánticos le daré
gracias.*

(Salmo 28:7).

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco, a mi madre María Jackeline Guzman Giraldo, quien fue mi mayor apoyo, fuerza e inspiración, sin ella no podría haber culminado uno de mis grandes sueños de ser un profesional, ese árbol que nunca dejo de dar sombra, a ella muchas gracias.

Agradezco al rector Samuel por haberme permitido realizar el proyecto en su colegio, el Colegio Victorioso en darme esa gran ayuda, ese voto de confianza, su apoyo profesional fue vital para la ejecución de este.

Asimismo, a los PhD. Javier Fernando Castañeda a Luis Fernando Castañeda quienes fueron respectivamente mi director de grado y mi docente de enseñanza, de antemano me siento gratamente agradecido, sin su ayuda no podría haber culminado mis estudios, a pesar de la circunstancia del confinamiento del COVID estuvieron siempre presentes para mí, brindando su apoyo y ayuda incondicional.

RESUMEN

El riego ha sido uno de los medios más empleados por los agricultores, una práctica antigua, desarrollada con el fin de proveer una cantidad adecuada de agua, para el correcto desarrollo de los cultivos y permitir así una alta producción de alimentos de excelente calidad. La finalidad de este trabajo de grado es la implementación de un prototipo de sistema de riego automatizado mediante sensores de humedad en la que faciliten el proceso de irrigación de la huerta escolar del Colegio Victorioso en la Ciudad de Villavicencio del Departamento del Meta. Con el objetivo principal de minimizar el uso del recurso hídrico de una manera más favorable por parte de los estudiantes de la Institución, utilizando asimismo un microcomputador Raspberry PI, a través de un sistema de control de lazo cerrado.

Palabras claves: Huerto Escolar, Sensores de humedad, Recurso hídrico, sistema de control de lazo cerrado, Raspberry PI.

ABSTRACT

Irrigation has been one of the means most used by farmers, an ancient practice, developed in order to provide an adequate amount of water for the proper development of crops and thus allow a high production of food of excellent quality. The purpose of this work is the implementation of a prototype of an automated irrigation system using humidity sensors to facilitate the irrigation process of the school garden of the Victorioso School in the city of Villavicencio, Department of Meta. With the main objective of minimizing the use of water resources in a more favorable way by the students of the institution, in which there is no waste of water, also using a Raspberry PI microcomputer, through a closed loop control system.

Key words: School garden, Humidity sensors, Water resource, closed loop control system, Raspberry PI.

INTRODUCCIÓN

El agua se ha considerado un recurso fundamental a la hora de ejecutar las diferentes tareas del campo, sin embargo, se necesita de un óptimo aprovechamiento, considerando así que en algunas partes del mundo este gran recurso es escaso en algunas zonas del país como por ejemplo la Región Orinoquia y la Región Caribe. En la Actualidad gracias al desarrollo de las diversas tecnologías el hombre ha creado prototipos de sistemas de riego que facilitan el uso efectivo de este vital recurso tanto para consumo como para la producción de calidad a nivel de grandes y pequeños productores. Afortunadamente en nuestro país crece el número de productores que son conscientes sobre la importancia que tiene en sus cultivos el uso racional del agua a la hora de realizar un efectivo riego. Han comprobado que en la forma de regar puede generar mejores resultados como las cosechas e ingresos y asimismo un considerable ahorro de agua, sabiendo que con el transcurrir del tiempo este importante recurso hídrico se va escasear más por lo tanto se le debe hacer un mejor uso. [1]

La importancia del huerto escolar se basa en que es un lugar idóneo y apropiado para el aprendizaje agrónomo donde se realizan prácticas educativas, pero no solo las experiencias ni las practicas si no las enseñanzas que dan cada uno de los docentes de las diferentes áreas del conocimiento como las ciencias naturales, tecnológicas y agronómicas. El huerto escolar se ha convertido como uno de los proyectos mas empleados por las instituciones cuyo objetivo es fomentar el cuidado del medio ambiente, la protección de los recursos naturales, con el fin de crear conciencia ambiental a cada uno de los estudiantes desde la primaria como la secundaria. El enfoque ambiental hace que los estudiantes quieran y valoren el medio ambiente como recurso esencial para los factores bióticos.

El presente Trabajo de grado aborda en la realización de un prototipo de riego automatizado mediante sensores de humedad en la huerta escolar del Colegio Victorioso ubicado en el Departamento del Meta Km. 3 vía Puerto López vereda la Cecilia , en el que se identificó que los estudiantes de básica secundaria desperdician el agua a la hora de regar sus cultivos, ocasionando así un alto impacto al medio ambiente, su método de riego tradicional es el uso manual de una manguera donde el estudiante va planta por planta regándola, de la misma forma los estudiantes no se dan cuenta de la cantidad de tiempo que están empleando y de no percatarse de que cantidad de agua se le esta suministrado ocasionando así un alto índice de humedad. Por tal razón la falta de conocimiento a la hora de realizar el riego conlleva a un incremento de plagas y un impacto negativo en el cultivo.

En el capítulo 1 se mencionan los antecedentes de comprensión del tema expuesto en este trabajo, y las diferentes soluciones a la problemática que se obtiene; en el capítulo 2 se describe los diferentes objetivos para la ejecución del proyecto ; en el capítulo 3 se propone la justificación y la importancia del uso adecuado de riego según la necesidad del terreno ; en el capítulo 4 se relaciona diferentes antecedentes teóricos de los diferentes riegos y de los beneficios que brindan estos, en el capítulo 5 se relaciona las fases descriptiva de cómo se llegó al

desarrollo del proyecto; en el capítulo 6 se describe los resultados obtenido de cada una de las fases, y así, llegar al cumplimiento de cada uno de los objetivos; en el capítulo 7 se llegan a los resultados obtenidos del proyecto y las recomendaciones que se deben tener para los próximos trabajos.

1. ANTECEDENTES

En el primer trabajo elaborado por los estudiantes Valeria Cortes Cadavid y Marco Fabian Vargas García, de la Universidad Católica de Colombia, 2020, en el cual plantea una propuesta de “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante iot en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin”, con el principal objetivo de implementar y desarrollar un sistema de control automatizado de riego en un cultivo urbano tipo invernadero mediante el uso de tecnologías iot .[2]

En el segundo trabajo corresponde a los autores Cristian Guerrero Moro y Rubén Armando Escalona Mendoza, quienes realizaron un “Diseño de Instalación de sistema de Riego automatizado para la orquídea ONCIDIUM SPHACELATUM en invernadero de la Universidad Autónoma de Chapingo” en el que utilizaron el software Logo soft como medio de desarrollo del sistema de control de lazo cerrado, en el que diseñaron por medio de diagrama de bloques el cual establecieron valores apropiados según las necesidades de la orquídea en la que tuvieron en cuenta cada una de las variables ambientales, con el fin de dar un freno al inadecuado uso del agua en el cultivo de la Orquídea.[3]

Un tercer trabajo corresponde a los autores Eliécer Jesús Ramírez Díaz y Jesús David Vergara Sierra, quienes realizaron un “sistema de riego automatizado basado en iot utilizando variables ambientales para cultivos de berenjena en la finca la esperanza del municipio de Chinú-córdoba”, 2020, Universidad de Córdoba, en la cual su principal objetivo es analizar y diseñar un sistema de riego automatizado para el cultivo de berenjena, llevando así un adecuado uso de la fuente hídrica mediante el uso de la tecnología de la tarjeta Arduino teniendo en cuenta los factores climáticos y de sus componentes eléctricos y electrónicos. Ejecutando de manera autónoma el diseño de interfaces de Usuario con ejecución de una base de datos en la plataforma MySQL.[4]

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un Sistema de riego automatizado mediante Sensores de humedad para la Huerta Escolar del Colegio Victorioso en la ciudad de Villavicencio

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Distinguir las variables ambientales que se deben tener presente a la hora de realizar el sistema de riego.
- Caracterizar los sensores de humedad y dispositivos ajustados a la huerta del Colegio Victorioso.
- Proyectar el sistema de control, de acuerdo a la necesidad del cultivo.
- Diseñar y ejecutar el prototipo de sistema de riego para el campo agrícola de la institución Educativa Colegio Victorioso.

3. JUSTIFICACIÓN

Día a día la agricultura se ha posicionado como uno de los sectores más participativos en los diferentes ámbitos económicos de nuestro país; debido a las buenas condiciones climáticas y del buen uso de los recursos naturales, gracias a este el sector ha favorecido a la comunidad campesina quienes prestan sus servicios en el campo para la realización de exportaciones y a su vez al desarrollo de pequeñas huertas para su comercialización interna. En Colombia el uso del sector agrícola ha permitido en sus exportaciones sean de gran beneficio para cada uno de los productores como por el ejemplo el cultivo de café colombiano como icono mundial que representa nuestra esencia de un pueblo agrícola trabajador lleno de mucha alegría y pasión [5]

En nuestro país la mayoría de productores resaltan la importancia del buen uso del recurso hídrico por medio de un racional sistema de riego en los cultivos. Por ende, el correcto uso del mismo produce mejores cosechas, al mismo tiempo mayores ingresos y un cuantioso ahorro de agua, teniendo en cuenta el agotamiento de este vital recurso. [6]

En perspectiva, las fuentes hídricas son fundamentalmente el recurso más importante; para desarrollar las diferentes tareas agropecuarias, por tal razón se debe considerar un óptimo aprovechamiento de su uso teniendo en cuenta que en un desafortunado futuro puede llegar a convertirse en el florero de Llorente como punto de discordia entre muchas naciones.[7]

De acuerdo con la ley 373 de 1997 la cual decreta una planificación para el adecuado uso del recurso hídrico, siendo reglamentada por el Decreto 1311 de 1998 y por el Decreto 3102 de 1997, su objetivo principal es el mejoramiento de la eficiencia en la operación, la competitividad económica y la conservación de sus recursos. Basándose en el uso de nuevas tecnologías y de algunas prácticas mejoradas se logra proporcionar un mejor servicio de agua, implementando así una conciencia ciudadana con ayuda de campañas educativas que generen conciencia a una sociedad con una alta necesidad de conservar este irremplazable recurso natural.[8][9]

4. MARCO TEÓRICO

Se hace un aporte teórico sobre los diferentes riegos y los beneficios que traen estos a la hora de realizar el riego a los cultivos

4.1. SISTEMA DE RIEGO

Básicamente los sistemas de riego son las estructuras encargadas de regar, y fertilizar un cultivo al mismo modo brinda nutrientes y minerales para el mismo. De esta manera facilitan la labor al cultivador a la hora de realizar sus tareas en el ahorro de recursos y tiempo a la vez es un avance para industria agropecuaria. Lo más importante a la hora de instalar un sistema de riego es conocer cuál es el más adecuado y conveniente para el terreno, ofreciendo así una rentabilidad productiva y económica.



Fig. 4-1. Sistema de Riego en un cultivo. [10]

4.2. Tipos de Riego

4.2.1. Riego por Aspersión

El riego por aspersión, funciona mediante aspersores, distribuidos en el terreno a la zona a regar, permitiendo que la tierra quede humedecida, por medio del cual logra que el agua llegue en forma de lluvia permitiendo así mayor versatilidad en el riego.

En los jardines es más común ver la utilización de este tipo de riego ya que abarca una gran cobertura de césped y de las plantas, y de esta manera garantiza que el agua llegue a todas partes. este sistema es el más utilizado en la agricultura, puesto que mantiene una mayor cobertura y gran capacidad de controlar la cantidad de agua y el tiempo en el riego. Por lo común es el más usado en los campos de sorgo, maíz, papa, girasol, trigo, algodón y hortalizas entre otros



Fig. 4-2 Sistema de Riego Aspersión [11]

4.2.2. Riego por Goteo

Este sistema comprende en que el agua “gota a gota” caiga de manera continua sobre los cultivos, en puntos determinantes, usando un sistema de tuberías y

emisores goteros, que permiten acrecentar el rendimiento y la productividad sobre los cultivos, utilizando canales de baja tensión, pero de manera constante.

Generalmente se emplea en suelos secos, permitiendo un óptimo uso de recurso como es el agua y los abonos.



Fig. 4-3 Sistema de Riego por Goteo.[12]

4.2.3. Riego hidropónico

La utilización de este sistema hidropónico, favorece a los cultivos que requieren una mayor inclusión de nutrientes extra en sus raíces. Por consiguiente, el riego hidropónico, permiten una mayor solución nutritiva y equilibrada, la cual va disuelta en el agua haciendo que los nutrientes lleguen al cultivo al momento del riego generando una correcta absorción de nutrientes a los cultivos.



Fig. 4-4 Sistema de Riego Hidropónico, [13]

4.2.4. Riego por Gravedad

En la agricultura el riego por gravedad es uno de los sistemas más empleados ya que permite que el agua avance sobre la superficie del suelo produciendo de tal manera la distribución conjunta en los cultivos logrando así la óptima infiltración de la misma.



Fig. 4-5 Sistema de Riego por Gravedad [14]

4.2.5. Riego por Inundación

En este tipo de riego la superficie es importante ya que el agua es aplicada directamente sobre el terreno permitiendo que la gravedad la disperse y la infiltre en el terreno. No es necesario el uso de redes de tuberías para irrigar los campos como tampoco es necesario la aplicación de presión del agua para el riego.



Fig. 4-5 Sistema de Riego por Inundación. [15]

4.3. Sensor de Humedad

Este dispositivo permite medir la humedad del suelo, ya que ayudan a programar el suministro y la distribución de agua de forma más eficiente al igual controla de manera autónoma los factores abióticos como lo son la humedad, la temperatura entre otros. las magnitudes medidas por este sensor emiten una señal cuya intensidad comprende ente 4 y 20 mA. Estos sensores contribuyen a un óptimo desarrollo del cultivo o de las plantas ya que regula la humedad y no permite que las plantas se mueran por exceso de agua.

4.3.1. Tipos de sensores

- **Sensores mecánicos.** Son aquellos que utilizan la fibra óptica como medio de captación de la humedad.
- **Sensores de sales higroscópicas.** Consigue el valor de la humedad mediante una molécula de agua principalmente en ríos o en agua saladas
- **Sensores de conductividad:** Capta la humedad mediante finos filamentos ya que aprovechan una de las propiedades del agua, la conducción eléctrica
- **Sensores capacitivos:** Son aquellos determinan la humedad gracias al cambio de capacidad de un condensador.
- **Sensores resistivos:** su principal característica es la conductividad de la tierra. La cual permite captar la señal por medio de señales eléctricas emitidas por el agua uno de los factores fundamentales para la obtención de la humedad, entre más sea húmedo el terreno, más alto es la conductividad de la tierra.
- **Sensores por infrarrojos :**La humedad es obtenida mediante la Absorción del vapor a través de la radiación de las fuentes infrarrojas.



Fig. 4-6 Sensor de Humedad en Terreno. [15]

4.4. Sistema de Control

el sistema de control se interrelaciona entre varios elementos que arrojan un resultado de manera conjunta. Su propósito principal es determinar ciertos parámetros los cuales permiten realizar acciones para conseguir los resultados deseados. Normalmente los sistemas de control tienen un valor de referencia de entrada como punto inicial, de acuerdo a las necesidades y a partir de esto se realiza una acción programada. Clasificándose en sistema de control en lazo cerrado y abierto.

4.5. Lenguaje de Programación en Python

Python es considerado como uno de los lenguajes de alto nivel de programación utilizados en el ámbito laboral y educativo ya que su finalidad es de desarrollar diferentes tareas tales como el desarrollo de página web de esta manera se ve el amplio beneficio que trae esa herramienta para el campo, al igual de aplicaciones informáticas, es un software sencillo y fácil de aprender donde los profesionales y estudiantes pueden leer y traducir con más eficiencia a comparación de otros lenguajes.

por consiguiente, este permite una reducción en el costo de desarrollo del programa permitiendo que los equipos trabajen de la mano así logrando un alto desempeño académico con una alta productividad de enseñanza en el aprendizaje.

A través del tiempo se ha venido implementando como una de las herramientas más empleadas por los estudiantes y profesionales, gracias a sus diferentes argumentos como son los presentados a continuación:

- posee gran variedad de librerías en las que permiten desarrollar diferentes actividades según sea la necesidad.
- se le atribuye una alta capacidad de desarrollo de programación de manera rápida y sencilla.

- Las diversas plataformas en las que se puede ejecutar como lo son Unix, Windows, OS/2, Mac entre otros.
- su software es gratuito.

4.6. Tarjeta Raspberry pi

La Raspberry PI es una microcomputadora de bajo costo, con una interfaz sencilla, suele ser conectada a computador o aun televisor. Es una pequeña microcomputadora que contiene como software un sistema operativo Linux, esta herramienta posibilita a las personas sin importar la edad, aprender la programación de lenguajes como Scratch y Python. Cumple con las mismas funciones de cualquier tipo de computador como es la navegación en internet, la reproducción videos y por último la ejecución de juegos en una alta resolución entre otras actividades afines.[16]

4.6.1. Historia

En febrero del 2012 la Raspberry fue creado por la Raspberry PI Foundation, con la intención de fomentar la computación como ciencias básicas en las escuelas y universidades del Reino Unido. En primera instancia Se crearon dos modelos denominados Modelo A y Modelo B. con la creación de los dos primeros modelos realizan su primer lanzamiento donde muchos jóvenes adquirieron su primera Raspberry para empezar a experimentar con nuevas propuestas de desarrollo. Gran parte de esta popularidad de esta herramienta, fue gracias a su bajo costo logrando una gran acogida por estudiantes y toda clase de público que le guste la innovación y el desarrollo tecnológico. [16]

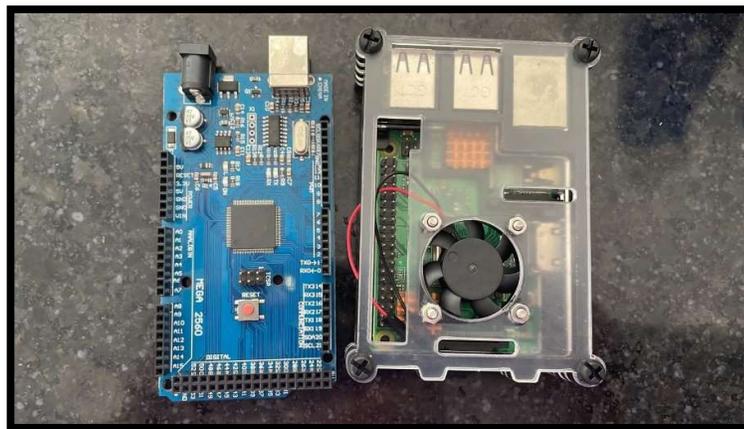


Fig. 4-7 Tarjeta Raspberry PI [Imagen propia]

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. FASE I: IDENTIFICAR LAS VARIABLES AMBIENTALES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA A LA HORA DE REALIZAR EL SISTEMA DE RIEGO

El ambiente es uno de los factores limitantes para un buen desarrollo en los cultivos, algunos factores que podemos encontrar son la energía, la temperatura y la humedad. La temperatura ha sido considerada como el eje principal en el factor climático y ambiental para un efectivo desarrollo en el ámbito fisiológicos de la planta o el cultivo. Según la temperatura en que la planta este expuesta tendrá diferentes fases y comportamientos en el proceso de sembrado.

Una temperatura adecuada puede producir cultivos a corto plazo, no obstante, son poco las veces en la que las plantas más anheladas son producidas. El principal objetivo de los horticultores profesionales es precisar una ideal temperatura para de esta manera se garantice una máxima calidad y crecimiento de la planta. Los cultivos se clasifican en las siguientes categorías como los cultivos de estación fría, los que su temperatura base inferior es 4°C, las plantaciones intermedias, que son los de la temperatura base entre 4 y 7 °C y por ultimo las de temporada cálida, cuya temperatura base es de 8°C. [17]

Para obtener un excelente rendimiento en el cultivo es necesario desarrollar un adecuado programa de riego, el cual permite la optimización de un buen uso del agua, por consiguiente, genera un máximo ahorro del recurso hídrico. Existen un conjunto de factores abióticos y bióticos que contribuyen en este proceso tales como lo son el clima, el suelo y las especies vegetales. Adicionalmente, es indispensable conocer los factores que influyen en la humedad del suelo. Como lo son Punto de saturación. Por los cuales nos permite saber la cantidad y el momento del riego [18]

A continuación, hacemos referencia a los factores del suelo tales como:

- Punto de saturación (PS): Es la máxima cantidad de contenido hídrico que el suelo observe y retiene al momento de su riego, viéndose afectado según el tipo de arcilla y el valor de concentración de materia orgánica que allí se encuentre. El punto de saturación del suelo oscila entre un 10% hasta un 150% dependiendo del tipo de suelo según su contenido de materia orgánica para suelos muy arcillosos o para otros tipos de suelos.

Capacidad de campo (CC): Se refiere a la cantidad de agua que el suelo logra retener después de un riego o lluvia y posteriormente la drenación del mismo libremente. Obteniendo así una humedad en todo el suelo oscilando del 5% al 16 % de capacidad de campo, por ende, el Punto de marchitamiento permanente (PMP) es el valor porcentual que indica la humedad del suelo en la cual las plantas se afectadas con un marchitamiento del cual no se puede recuperar incluso si son expuesta en una atmosfera con alta saturación de humedad.

Humedad aprovechable (HA): es una de las variables más importantes del suelo ya que se interrelaciona directamente con la productividad agrícola representada en la diferencia entre la Capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente. Dando como resultado la retención de la humedad aprovechable en el suelo.

En la huerta escolar del colegio victorioso se tiende como siembra el fruto de la sandía en que se desarrolla un sistema de riego automatizado, un fruto que es rico en agua y delicado en cuestión de la temperatura, a continuación, se les presenta los cuidados e indicaciones que se deben tener.

SANDÍA

Taxonomía de la sandía

- **Familia:** Cucurbitaceae.
- **Nombre científico:** Citrullus lanatus.
- **Planta:** caracterizada por ser herbácea con un porte rastrero.
- **Sistema radicular:** considerado como un sistema ramificado, con característica de raíz profunda y con raíces distribuidas en la superficie.
- **Tallos:** de desarrollo rastrero



Fig. 5-1 Etapas fenológicas de la sandía [19]

CLIMA Y SUELO

TEMPERATURA

La sandía en comparación de otros frutos es menos exigente en cuestión de la temperatura, en donde su promedio debe estar oscilando entre 20°C a 30°C.

| | |
|-----------------------------|----------------------|
| Germinación | 15 °C - 25 °C |
| Floración | 18°C – 20° C |
| Desarrollo | 23° C – 28°C |
| Maduración del Fruto | 23°C – 28°C |

Tabla N° 1 temperaturas optima del fruto de la sandía. [Autor]

Humedad

La adecuada humedad para la sandía oscila entre el 60 % hasta el 80 %, siendo un factor definitivo durante la producción. Según el licenciado en agropecuario del colegio victorioso aconsejo que el óptimo riego debe estar distribuido en 3 etapas, la primer un riego muy moderado que es donde la semilla se encuentra en la etapa de germinación, la segunda es cuando ya tenemos fruto y es ahí cuando debemos reducir el riego y el ultimo cuando el fruto ya se encuentra listo para ser recolectado.

| Meses | Nº riegos | Caudal Planta | Caudal Riego | Tiempo Riego | Caudal Total | Observaciones |
|--------------|-----------|---------------|--------------------|--------------|----------------------------|---|
| Enero | 1 | 20,01 L | 100 m ³ | 5 h.00' | 100 m ³ | Varios días antes de la plantación. |
| Enero | 1 | 1,01 L | 5 m ³ | 15' | 5 m ³ | Un día antes de la plantación. |
| Enero | 1 | 0,6 L | 3 m ³ | 10' | 3 m ³ | A continuación plantación. |
| Enero | 3 | 1,0 L | 5 m ³ | 15' | 15 m ³ | |
| Febrero | 8 | 3,0 L | 15 m ³ | 45' | 120 m ³ | |
| Marzo | 12 | 4,0 L | 20 m ³ | 1h.00' | 240 m ³ | |
| Abril | 15 | 6,0 L | 30 m ³ | 1h.30' | 450 m ³ | |
| Mayo | 15 | 8,0 L | 40 m ³ | 2h.00' | 600 m ³ | |
| Junio | 8 | 8,0 L | 40 m ³ | 2h.00' | 320 m ³ | |
| TOTAL | 64 | | | | 1.853 m³ | Dependiendo textura suelo y calidad agua. |

Tabla N° 2 Tiempo de riego según la época del año. [20].



Fig. 5-2 Riego del Cultivo de sandía manualmente [**Imagen propia**]

5.2. FASE II: CARACTERIZACION DEL SENSOR DE HUMEDAD FC-28

El sensor que se empleó para la medición de la humedad fue el FC- 28 un sensor higrómetro de suelo. Uno de los sensores más empleados para el riego ya que presenta un funcionamiento óptimo para riego automatizados, su funcionalidad es captar la humedad mediante la conductividad. La humedad es captada mediante su placa, en la que aplica una pequeña tensión entre los terminales del módulo en el que hace pasar una corriente que depende básicamente de la resistencia que se genera en el suelo dependiente de gran manera de la humedad.

| CARACTERISTICAS DEL SENSOR FC - 28 | | |
|------------------------------------|----------|--------------------------|
| Voltaje | 1 | 3.3 – 5VCD |
| Voltaje de salida | | 0 – 4,2 V |
| Corriente | | 35 mA |
| VCC | | Tensión de Alimentación. |
| GND | 2 | Tierra. |
| Ao | 3 | Salida Analógica. |
| Do | 4 | Salida Digital. |

Tabla N°3. Características del Sensor FC – 28. [Autor]

El sensor de humedad se ubicó a 30 centímetros aproximadamente del nivel del tallo de la planta, dando como fin a una aproximación de llegada a la raíz en este caso de la semilla, debido a que la raíz es la encargada de absorber el agua, mediante el cual el sensor de humedad envía la señal cuando este en el 50% de humedad, indicándonos en qué nivel de humedad se encuentra la planta y si es apto para la activación del riego.

Por lo cual se caracteriza que el 0 es en estado húmedo y un 1 en estado seco.



Fig. 5-3 Ubicación del sensor en el terreno. [imagen Propia]

Mediante el microcomputador Raspberry PI se realizó la caracterización adecuada de acuerdo a la necesidad del cultivo en este caso el cultivo de sandía, con el fin de garantizar un óptimo crecimiento y desarrollo, la programación. Se realizó de acuerdo a la necesidad del cultivo teniendo en cuenta la variable ambiental en este caso que es la humedad en la que debe estar la semilla.

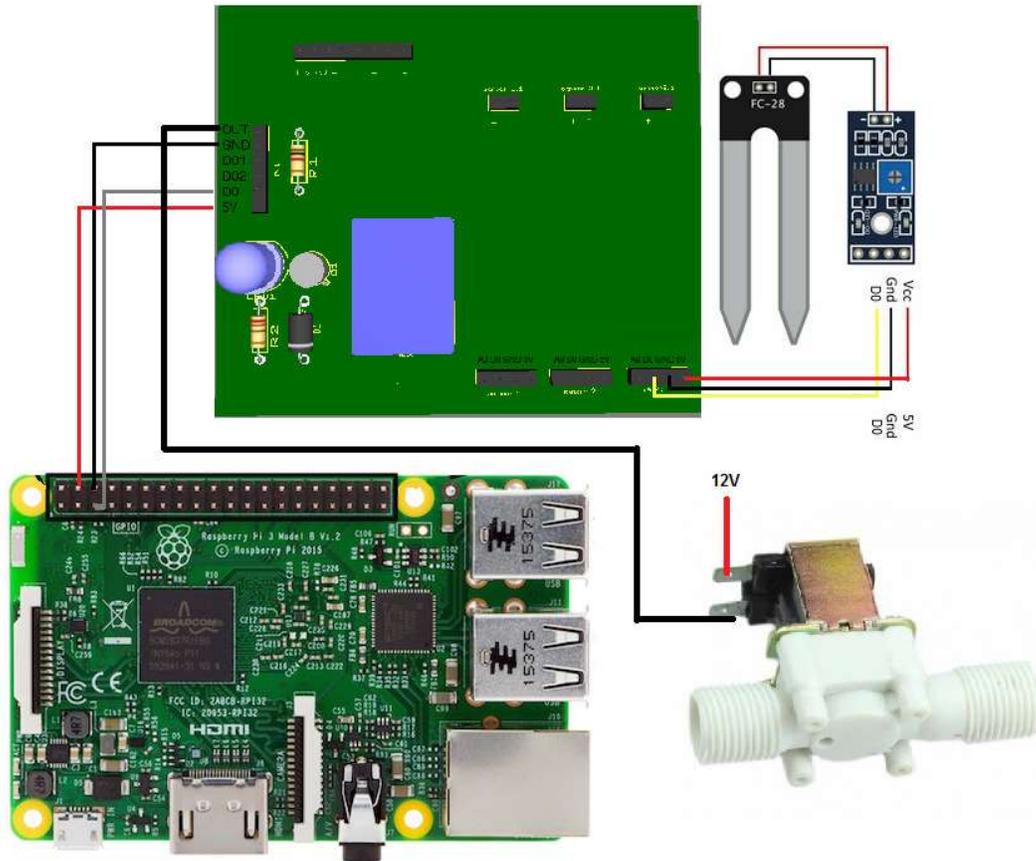


Fig.5-4. Conexión del sensor con la Raspberry. [Imagen Propia]

En la Fig. 5-4 como se puede observar esta la conexión del sensor con la Raspberry donde los pines 3 y 5 son los empleados, donde el pin 3 se utilizó para la entrada del sensor y el pin 5 para la señal de salida de la electroválvula, adicionalmente se diseña una tarjeta adicional con el fin de conectar la electroválvula, por medio de un circuito con un relé que abre y cierra los 12v de la electrobomba ya que la Raspeberry no proporciona el voltaje necesario facilitando de gran manera la conexión del sensor. Ver Fig. 5- 5

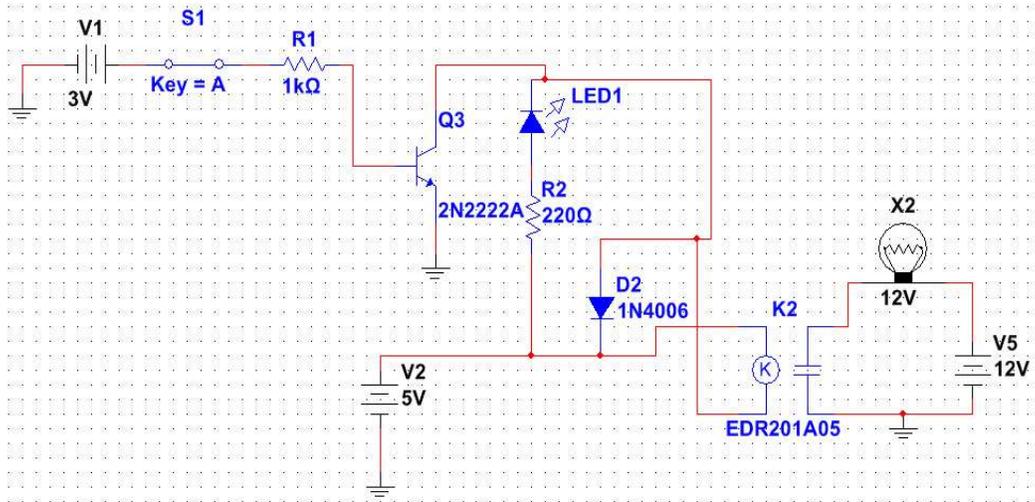


Fig. 5- 5. Circuito Relé 12 v. [Imagen Propia]

5.1. FASE III: PROYECTAR EL SISTEMA DE CONTROL, DE ACUERDO A LA NECESIDAD DEL CULTIVO.

Para el manejo del sistema de riego es necesario establecer parámetros como el tiempo, cantidad de agua aplicada entre otros factores como son el compartimiento de la humedad y la distribución del agua en el sistema. A la hora de realizar la respectiva automatización en el sistema de riego se debe tener en cuenta cada uno de los factores que componen e integran el respectivo sistema de control tales como son los sensores de humedad, las válvulas, variadores de velocidad y los acondicionadores de señal para que así pueda entender su respectivo sistema.[19]

para lograr el desarrollo del trabajo se utilizó el modelo de sistema de control de lazo cerrado, un sistema por el cual es monitoreado mediante una señal de entrada y una de salida, señal que envía el sensor a la válvula cuando este 1 que según la caracterización del sensor está en estado seco para que así este sea activado y así poder dar el paso al agua. Ver figura 5-6

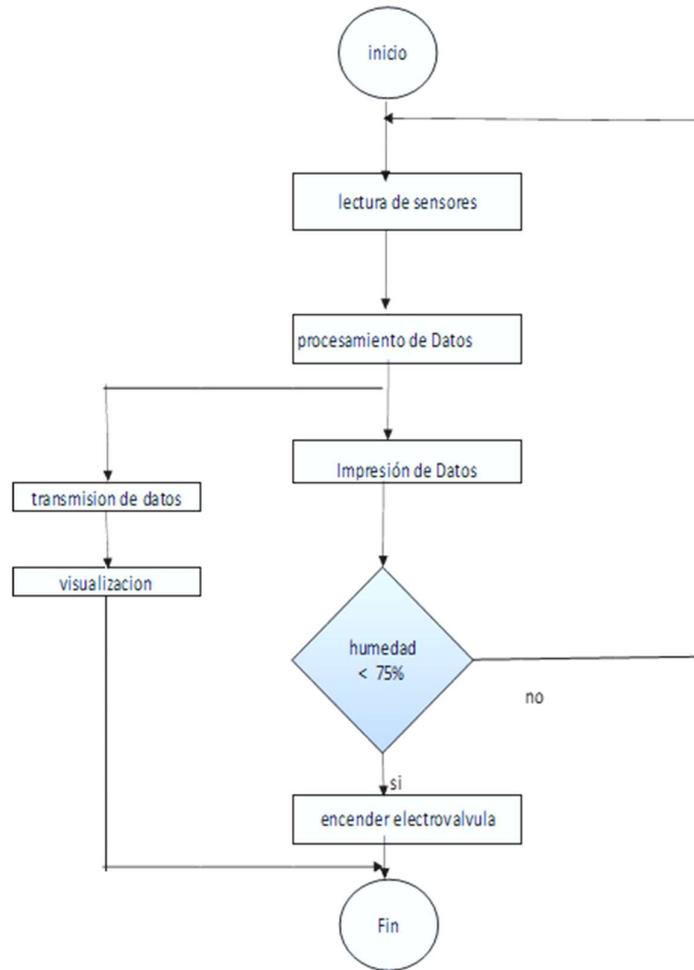


Fig. 5-6diagrama de flujo del sistema. **[Imagen propia]**

Ejecutando así una acción de sistema de control sobre la electroválvula que es la encargada de distribuir el agua, por lo cual se podrá decidir cuándo realizar el riego del cultivo según lo planeado en la programación. Por tal razón, se determina la aplicación de un control on/off que tiene la capacidad de controlar la válvula en sus dos estados abierto y cerrado. Como se muestra en la Fig. 5-7

La válvula del sistema de riego se activó cuando el sensor de humedad captó un 75 % de humedad, seguido a esto dio el paso al agua por un lapso de tiempo aproximado de 6 horas; siempre y cuando el terreno no esté tan seco, ya que en las pruebas se identificó que entre más árido sea el suelo más demorado será el riego.

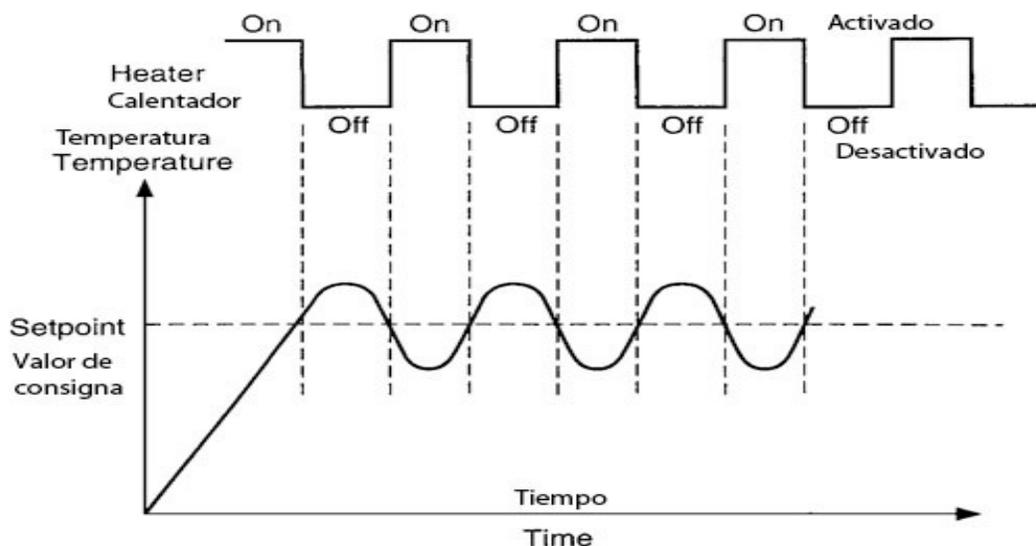


Fig.5-7 Control ON/OFF [21]

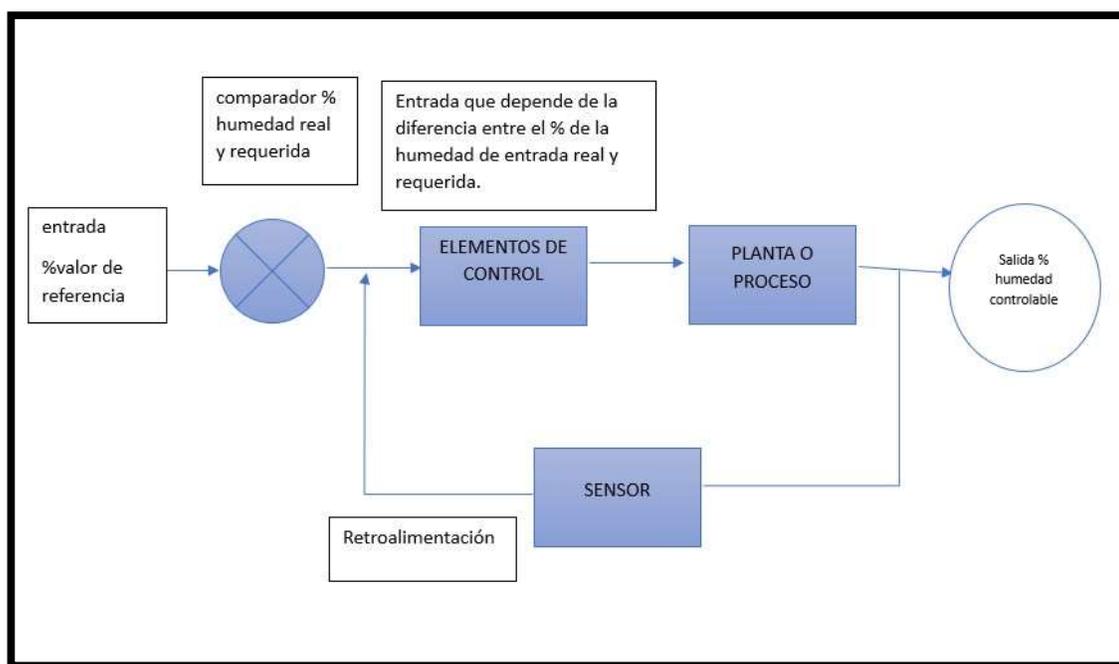


Fig. 5-8 Sistema De control para el riego automatizado. [Imagen Propia]

5.2. FASE IV: DISEÑAR Y EJECUTAR EL PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO EN EL CAMPO AGRÍCOLA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA COLEGIO VICTORIOSO

En esta etapa se realizó dos sistemas como lo son el sistema hidráulico y el sistema eléctrico, dos sistemas fundamentales para el desarrollo del proyecto.

5.2.1. SISTEMA HIDRAULICO

SISTEMA HIDRÁULICO

Para la huerta escolar del Colegio Victorioso se implementó un sistema de riego por goteo, un sistema que beneficia al cultivo de gran manera ya que su sistema es gotear, permitiendo un control lento de la humedad del cultivo en este caso la sandía. En primera instancia se inicia con el diseño para el terreno en la que se realiza unas mediciones pertinentes y se toma como puntos 10 m x 5 m, ya que se tuvo en cuenta el punto más cercano de conexión de la fuente hidráulica. para el conducto hidráulico se consiguió una manguera agujerada que es empleada especialmente para los sistemas de riego por goteo.



Fig. 5-9. Terreno del Cultivo de sandía.

Implementación del sistema en el campo



Fig.5- 10. conexión de la válvula de 12v para el Cultivo de sandía. [Imagen propia]



Fig. 5-11. Sistema Hidráulico terminado [Imagen Propia]

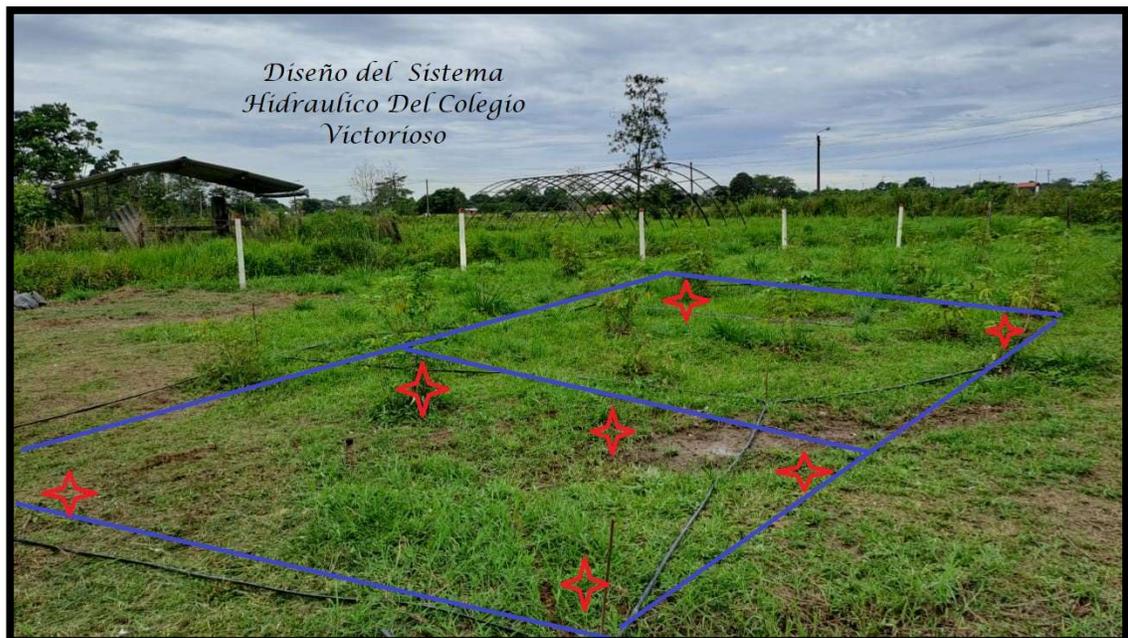


Fig.5-12 Diseño Hidráulico del Colegio Victorioso. [Imagen propia]

5.2.2. SISTEMA ELECTRICO

Para esta etapa se realizó una serie de mediciones para poder implementar un sistema eléctrico ya que el lugar donde se encuentra el cultivo de sandía no cuenta con este, el punto más cercano está a 9 metros aproximándose del terreno. Por lo que nos impide conectar la Raspberry PI y entre otros elementos.

A continuación, se relaciona los elementos utilizados para la realización del sistema eléctrico.

| CANTIDAD | PRODUCTO |
|----------|-----------------------------|
| 3 | Tubos de 6 m de ½ |
| 1 | Reducción de pulgada ½ |
| 3 | Codos de ½ |
| 1 | Adaptador hembra de pulgada |
| 3 | Canaleta |
| 6 m | Tubo metálico |
| 3 | Curvas |
| 11 m | Tubería PVC |
| 4 | Tubos de 3m |
| 1 | Terminal |
| 1 | Caja de sobreponer con toma |
| 1 | Breaker de sobreponer |
| 1 | Adaptador macho |
| 8 | Abrazaderas de ½ |

Tabla N° 4 materiales para el Sistema Eléctrico [Autor]



Fig. 5-13 Conexión punto Eléctrico. [imagen propia]



Fig. 5-14 Punto de control. [imagen propia]

| MATERIAL | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|----------------------------------|----------|----------------|-------------|
| TARJETA RASPBERRY PI 3 | 1 | \$ 283.000 | \$ 283.000 |
| SENSOR DE HUMEDAD FC-28 | 4 | \$ 4.500 | \$ 18.000 |
| SENSOR DE TEMPERATURA LM35 | 4 | \$ 7.000 | \$ 28.000 |
| MANGUERA NIVEL 5 / 16 CALIBRE 20 | 10 | \$ 3.000 | \$ 30.000 |
| TUBO PVC | 3 | \$ 3.000 | \$ 9.000 |
| TANQUE 500 LITRO | 1 | \$ 269.400 | \$ 269.400 |
| ELECTROVALCULA | 1 | \$ 30.000 | \$ 30.000 |
| BLOQUE DE LADRILLOS | 20 | \$ 1.000 | \$ 20.000 |
| CEMENTO 50KG | 1 | \$ 30.000 | \$ 30.000 |
| OTROS | | | \$ 332.600 |

| | | | |
|-------|----|------------|--------------|
| TOTAL | 45 | \$ 630.900 | \$ 1.050.000 |
|-------|----|------------|--------------|

Tabla N° 5 . Costo de implementación [Autor]

5.2.3. SISTEMA DE RIEGO

El riego que se implementó para el cultivo de sandía, fue el sistema de riego por goteo unos de los sistemas más empleados por los agricultores. Ya que este sistema posee grandes beneficios para nuestro cultivo puesto que tiene como finalidad la distribución de agua necesaria es decir evita la proliferación de plagas u otros microorganismos que afecte la calidad de nuestro cultivo.

A continuación, se muestra la comparación de los días, las horas y que comportamiento tuvo el sensor durante una semana

| Días | Horas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla N°6 Datos capturados del sensor en una semana. [Imagen propia].

Humedad mayor al 75% valor es 0

Humedad Menor al 75% valor es 1

En esta tabla podemos observar el comportamiento del sensor de humedad durante una semana, el cual la planta mantuvo la humedad deseada en el tiempo requerido para su correcto crecimiento, el sensor captó valores iguales a cero durante 6 días y al momento de variar dicho valor se dio apertura de la electroválvula por un promedio de tiempo de 5 horas para un riego por goteo y

así mantener una humedad promedio deseada para nuestra planta.

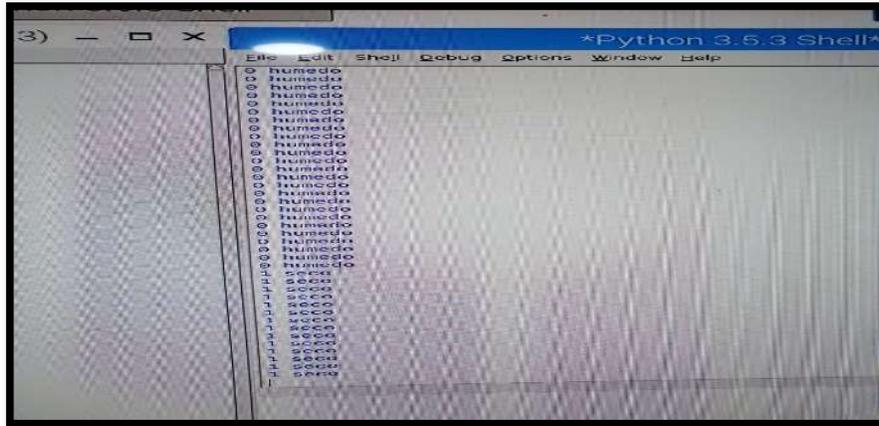


Fig. 5-15 Ejecución del código para la toma de datos. [imagen propia]

Para la ejecución del código se emplea Python como el lenguaje de programación donde se importa las librerías de la Raspberry PI ,en el que se emplea While como bucle ,la librerías utilizadas para a ejecución son Rpi.Gpio , Time y Numpy , con la librería Gpio Board es para relacionar las entradas y las salidas de la señal del sensor y de la electroválvula, time es para controlar el tiempo de los datos y Numpy para relacionar las operaciones de humedad estipulando que cuando sea mayor de 75 % de humedad la electroválvula será encendida en caso que no la electroválvula estará apagada hasta que capte la variable indicada



Fig.5-16. Conexión de la Raspberry PI Con la tarjeta Rele de 12v.[imagen propia]

6. RESULTADOS

Durante las visitas realizadas en el terreno se pudo observar el comportamiento que tuvo el sensor y como actuó en los diferentes tiempos climáticos, ya que con anterioridad se estipula que su sistema de control es On/Off se evidencia continuación cada comportamiento que tuvo el sensor en los diferentes climas.

6.1 CAPTURA DE DATOS EN LOS DIFERENTES TIEMPOS CLIMATICOS

En La Primera muestra de 11 horas y 35 minutos el sensor se encontraba funcionando en un día soleado, se inició la captura de los datos con la tierra seca. Ver Fig. 6-1

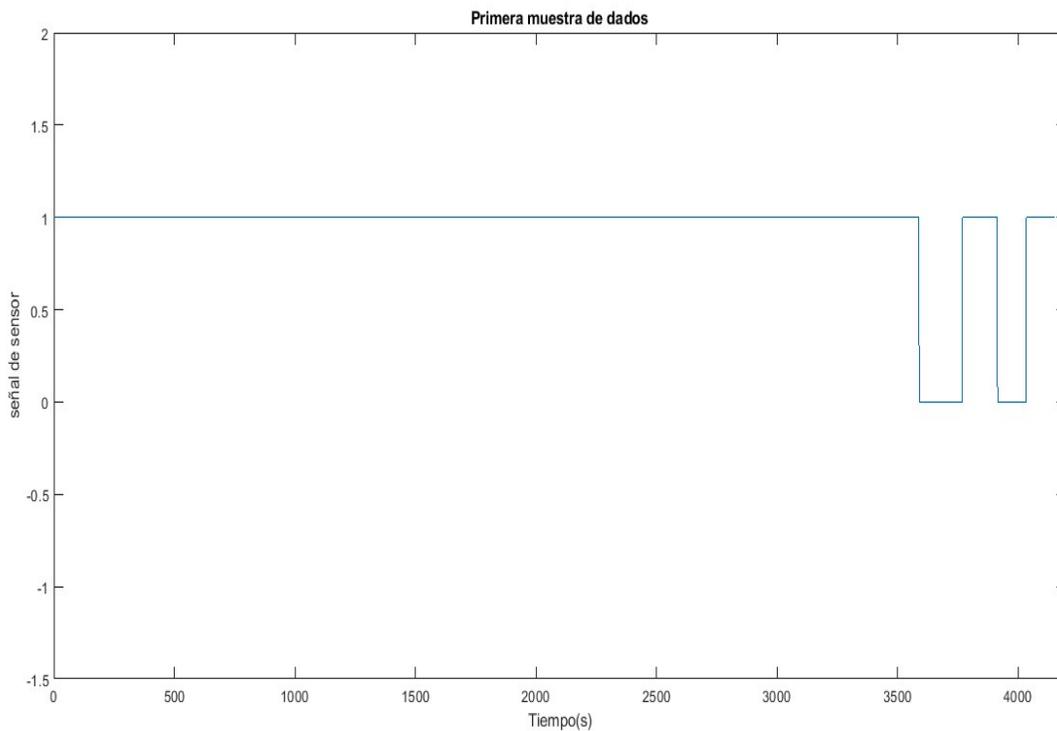


Fig.6-1 Toma de datos en clima soleado. [Imagen propia]

En tiempo de lluvia el sensor estuvo en modo off en la que solo 2 horas trabajo aproximadamente en la toma de datos tal como se ve en la Fig.6-2

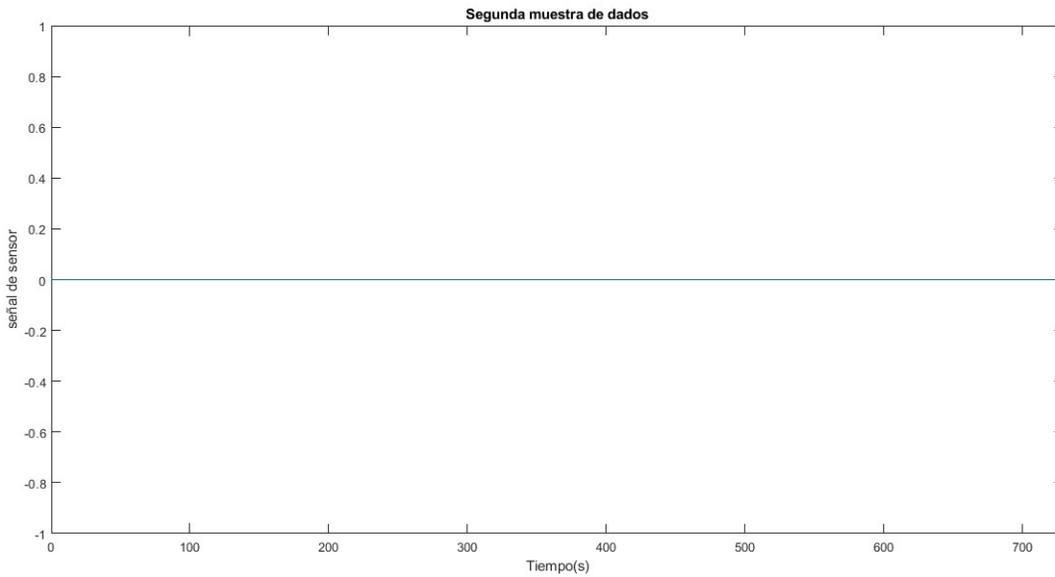


Fig.6-2 Toma de datos en clima lluvioso. [Imagen propia]

En nuestra Tercera muestra de 5 horas el sensor estuvo funcionando tomando los datos pues en ese momento el día estaba soleado, y al transcurrir el tiempo empezó a llover y se capturo 40 minutos más en lluvia.

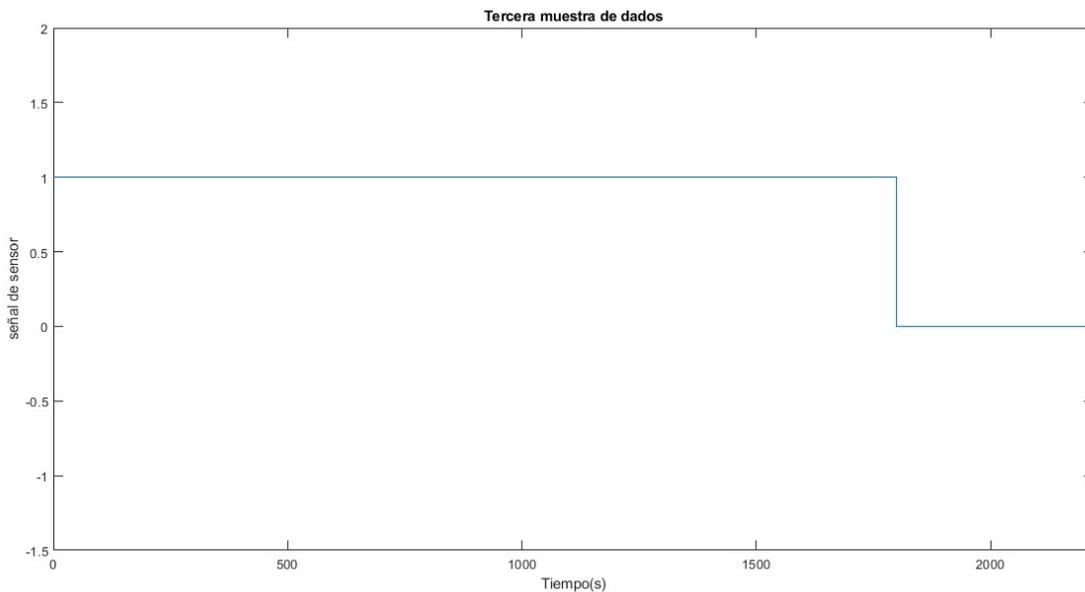


Fig.6-3 Toma de Datos en clima Cálido-lluvioso. [Imagen Propia]

Cuarta muestra de 2 horas funcionando en un día lluvioso, en el cual dejo de llover y se capturo 2 horas más en funcionamiento.

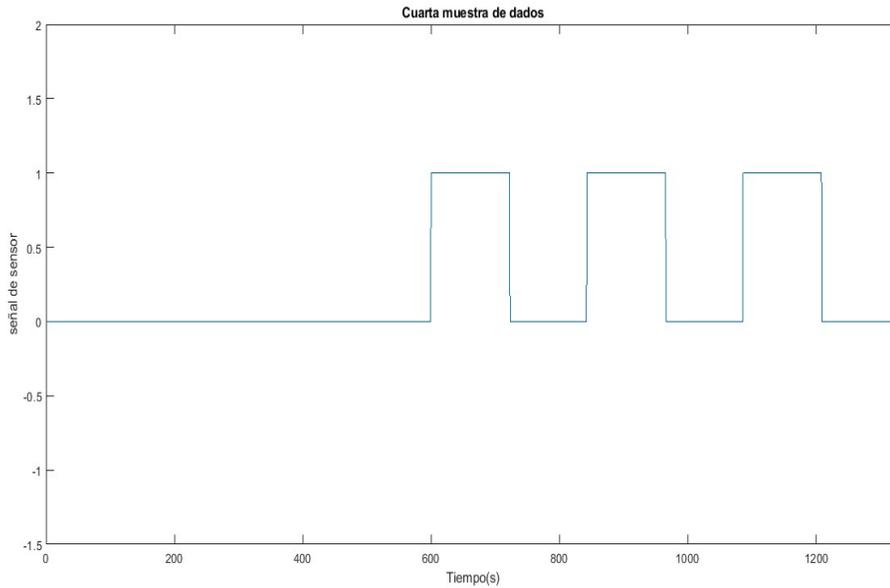


Fig.6-4 Toma de Datos en clima lluvioso-Cálido. [Imagen propia]

Quinta muestra de 10 horas funcionando en un día templado, se inició la captura de los datos con la tierra con humedad estable.

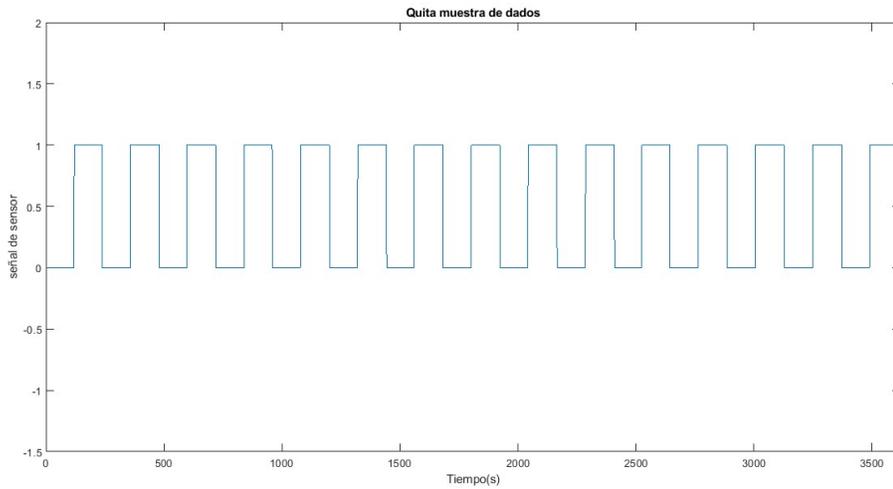


Figura 6-5 Toma de Datos en clima Templado. [Imagen Propia]

A continuación, se evidencia el Código usado en Matlab para graficar los datos arrojados por los dos sensores

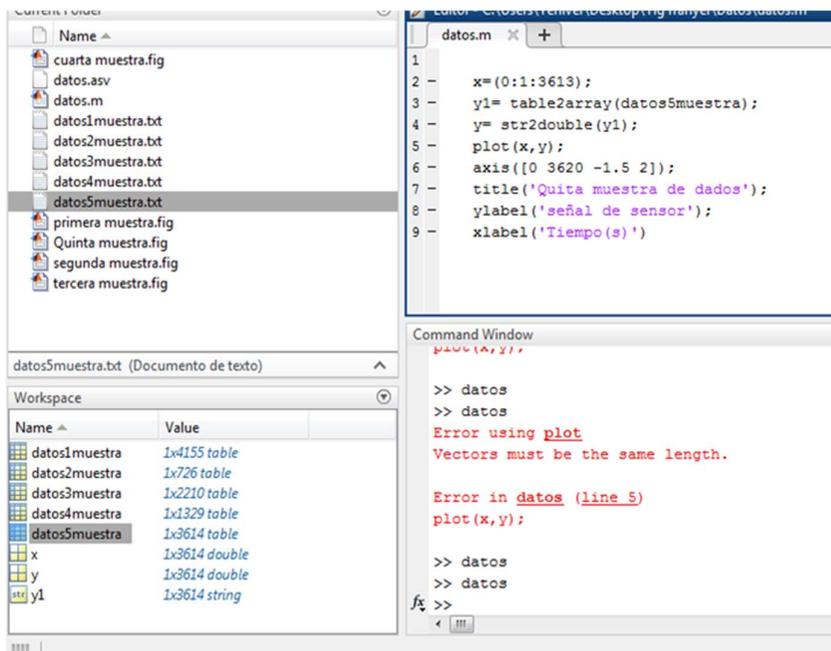


Fig.6-6 Código de Matlab para la toma de muestras. [Imagen propia]

En las diferentes graficas se puede evidenciar de qué manera funciono el sensor de humedad según el estado del clima, tomando más o menos 360 datos por hora en el que se realizaron 5 muestras en el cual se evidencia la afectación de los datos por los cambios climáticos y observando las respuestas del sensor con el fin de controlar el estado de humedad requerida.

A continuación, relacionamos algunos puntos de vista según las visitas realizadas al terreno de la huerta escolar del Colegio Victorioso.

- En tiempo lluvioso el sensor no se activó pues el terreno se encontraba tonalmente húmedo impidiendo así la toma de datos en estado 0
- En los climas cálidos se puede evidenciar que el tiempo empleado para que el riego fuese activado fue de 11 horas. Se concluye que el terreno estaba demasíadamente árido impidiendo la absorción del agua estando en estados de 0 y 1
- En los climas lluvioso- cálido y viceversa notamos el cambio notario en la captación de datos ya que en este se ve como estado del clima influye en el funcionamiento del riego. Ya que en estar en estado húmedo 0 y al transcurrir el tiempo se pone en estado seco 1.

7. CONCLUSIÓN

- El sistema implementado en el Colegio Victorioso cumple con los requerimientos planteados en el proyecto como el primer prototipo de sistema de riego funcional con un sistema de control de lazo cerrado, mediante el cual se controla el riego de agua según la necesidad del cultivo.
- Al tener el cultivo de sandía automatizado permite que los estudiantes de secundaria de la institución, aprenda a ejecutar de una manera más adecuada el uso del agua, el riego del cultivo y tener un control más efectivos sobre variables principales como son la temperatura, humedad , en la que influyen directamente en el desarrollo de la siembra no solo en la producción de sandía si no en otros frutos que tengan similitud en humedad y en el tipo de riego, garantizando de gran manera un ahorro de agua.
- La Institución educativa Colegio Victorioso, logra con el prototipo de sistema de riego automatizado un ahorro de agua y la disminución de tiempo por parte de los estudiantes conjuntamente un aprendizaje, ya que el cultivo de la huerta tendrá una autonomía propia, gracias a su efectiva programación dando como resultado el aprovechamiento optimo del recurso hídrico además el económico. Logrando como alcance ser el primer colegio agroindustrial de la región Orinoquia en emplear sistemas electrónicos con solución a una problemática que se vive a la hora de realizar cultivos.
- Se recomienda la implementación de un sistema hidráulico mas riguroso en el que se implemente una electrobomba y un tanque elevado con el fin de dar más presión a la hora de realizar el riego por lo que beneficiara de gran manera el tiempo y ahorró de este recurso. Conjuntamente la instalación correcta de las normas que ejerce para la realización de este.

BIBLIOGRAFIA

[1] D. A. Bustos Palacios , «PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACION CON ADMINISTRACION REMOTA ATRAVEZ DE UN SMARTPHONE ANDROID PARA UN RIEGO DE CULTIVO DE LECHUGA,» Repositorio UNAN, Nicaragua, 2017.

[2][5] V. Cortes Cadavid y M. F. Vargas García, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES MEDIANTE IOT EN L OS,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá DC, 2020.

[3] Moro, Escalona C. G. (2018). Diseño de Instalación de sistema de Riego automatizado para la orquídea ONCIDIUM SPHACELATUM en invernadero de la Universidad Autónoma de Chapingo. Universidad Autónoma de Chapingo.

[4] E. J. Ramírez Díaz y J. D. Vergara Sierra, «Sistema de riego automatizado basado en iot utilizando variables ambientales para cultivos de berenjena en la finca la esperanza del municipio de Chinú-Córdoba.,» Universidad de Córdoba, Montería Córdoba, 2020.

[6] A. RURAL, «Importancia del Riego en la Agricultura,» ABC, p. 1, 10 septiembre 2014.

[7] E. A. Bustos Palacios, «PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACION CON ADMINISTRACION REMOTA ATRAVEZ DE UN SMARTPHONE,» UNAN, Nicaragua, 2017.

[8] L. BASE, «LEX BASE,» BOGOTA DC, 2021.

[9] Acueducto Tres Quebradas, «Programa De Uso Eficiente Y Ahorro Del Agua,» La Calera Cundinamarca, 2021.

[10] Sistema de Riego. (s. f.). sistemaderiego.net. <https://sistemasderiego.net/>

[11] ¿Cómo funciona el riego por aspersión? (s. f.). iagua. <https://www.iagua.es/respuestas/como-funciona-riego-aspersion>

[12] ¿Por qué elegir el riego por goteo sobre otras técnicas de irrigación? (19 de julio de 12). portal frutícola. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/07/22/por-que-elegir-el-riego-por-goteo-sobre-otras-tecnicas-de-irrigacion/>.

[13] Riego Hidropónico. (s. f.). NOVAGRIC. <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-hidroponicoC>.

[14] Riego por surcos. (6 de abril de 2015). CENICAÑA. <https://www.cenicana.org/riego-por-surcos/>.

[15] 10 AGO Los sistemas de riego más recomendados, para cada tipo de cultivo. (16 de junio de 2021). Citi.sa. <https://citi-sa.com/los-sistemas-de-riego-mas-recomendados-para-cada-tipo-de-cultivo>.

[16] ¿Que es Raspberry Pi? (s. f.). MCI Electronic Raspberry pi. <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/#:~:text=La%20Raspberry%20Pi%20es%20una,un%20mouse%20y%20t eclado%20estándar>.

[17] J. Peery. "El impacto de la temperatura al final del cultivo". PROMIX. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/el-impacto-de-la-temperatura-al-final-delcultivo/,2021>.

[18] "LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA AGRICULTURA", Proain Tecnología Agrícola, octubre de 2020

[19][20] Ruiz Canalres. A, "FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN", Agrinova,sciencie, Departamento de Ingeniería. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández (2021)

[21] SAPIENSMAN. Industrial controllers [en línea]. México: La Empresa [citado 15 octubre, 2020]. Disponible en Internet: http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/instrumentacion_industrial4.php