



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PARA
MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL ANÁLISIS DE PH, NITRÓGENO,
FÓSFORO Y POTASIO EN SUELO AGRÍCOLA DE LA FINCA LA MORALEJA**

Robin Eduardo Maldonado Ramón

Asesorado por el Maestro Ing. Walter Guillen Krische

Guatemala, mayo 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PARA
MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL ANÁLISIS DE PH, NITRÓGENO,
FÓSFORO Y POTASIO EN SUELO AGRÍCOLA DE LA FINCA LA MORALEJA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROBIN EDUARDO MALDONADO RAMÓN

ASESORADO POR EL MAESTRO ING. WALTER GUILLEN KRISCHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, MAYO 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

Jurado evaluador que practicó el examen de defensa

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Helmunt Federico Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Walter Giovani Alvarez Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PARA MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL ANÁLISIS DE PH, NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN SUELO AGRÍCOLA DE LA FINCA LA MORALEJA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 23 de noviembre de 2021.

Robin Eduardo Maldonado Ramón



EEFFI-PP-0166-2022
Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PARA MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL ANÁLISIS DE PH, NITRÓGENO, FOSFORO Y POTASIO EN SUELO AGRÍCOLA DE LA FINCA LA MORALEJA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Infraestructura de red - Infraestructura de red**, presentado por el estudiante **Robin Eduardo Maldonado Ramón** carné número **201122968**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Para La Industria Con Especialidad En Telecomunicaciones.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 18 de septiembre de 2011, firmo y selo la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Walther Isaj Guillen Krischa
Asesor(a)

Ingeniero
Walther Guillen Krischa
Colegiado 3399


Mtro. Mario Renato Escobedo Martínez
Coordinador(a) de Maestría




Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EEP-EIME-0166-2022

El Director de la Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PARA MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL ANÁLISIS DE PH, NITRÓGENO, FOSFORO Y POTASIO EN SUELO AGRÍCOLA DE LA FINCA LA MORALEJA**, presentado por el estudiante universitario **Robin Eduardo Maldonado Ramón**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica

Guatemala, enero de 2022



Decanato
Facultad de Ingeniería
24889101-24889102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.343.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PARA MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL ANÁLISIS DE PH, NITRÓGENO, FOSFORO Y POTASIO EN SUELO AGRÍCOLA DE LA FINCA LA MORALEJA**, presentado por: **Robin Eduardo Maldonado Ramón**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaac

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme guiado y permitido realizar una más de mis metas.
Mi papá	Por haberme forjado con un carácter de superación y dar lo mejor de mi en cada situación
Mi madre	Por su apoyo en las noches de desvelo y cariño para cumplir este logro.
Mis hermanos	Por transmitir me sus experiencias.
Mis amigos	Brayan Mazariegos, Eddy Díaz, Dennis Conde, Luisa Jimenez, Norma Calo, Fabiola Crovella (q. d. e. p.) Jeremy Guillen, Josué Jimenez y Cristian Benitez, por consejos y apoyo durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera.
Mi asesor	Msc. Ing. Walter Guillen, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
6.1. Esquema de solución	15
6.2. Ubicación del área y lugar de estudio.....	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Agricultura en Guatemala.....	19
7.2. Suelos agrícolas en Escuintla.....	19
7.3. Plantas Ornamentales	20
7.4. Sansevieria trifasciata.....	20

7.5.	Nutrientes fundamentales	21
7.5.1.	Fertilizantes minerales.....	22
7.5.1.1.	Nitrógeno.....	22
7.5.1.2.	Fósforo	22
7.5.1.3.	Potasio	22
7.5.1.4.	pH.....	22
7.6.	Automatización.....	23
7.6.1.	Ventajas	23
7.6.2.	Desventajas.....	23
7.7.	Sensores de minerales.....	24
7.8.	Automatización de Fertirriego	25
7.8.1.	PLC	25
7.8.2.	IoT	26
7.8.2.1.	Arquitectura de IoT	27
7.8.3.	Actuadores	29
7.9.	Sistema de gestor de base de datos	29
7.9.1.	Arduino IDE	30
7.9.2.	KidCad.....	30
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	33
9.	METODOLOGÍA	35
9.1.	Diseño de investigación	35
9.2.	Paradigma de la investigación	35
9.3.	Enfoque de la investigación	36
9.4.	Población de estudio	37
9.5.	Tipo de muestreo	37
9.6.	Técnica de investigación	37
9.7.	Instrumentos de recolección de datos.....	37

10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	39
11.	CRONOGRAMA.....	41
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	43
13.	REFERENCIAS.....	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Sensor calidad de agua.....	14
2.	Esquema de la solución	16
3.	Ubicación de la finca La Moraleja.....	17
4.	Sansevieria trifasciata	21
5.	Sensor NPK.....	25
6.	Modelo de referencia IoT.....	27
7.	Pilar funcional del núcleo IoT	29
8.	Cronograma de actividades.....	42

TABLAS

I.	Costo del estudio.....	44
----	------------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
Q	Quetzales

GLOSARIO

ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas.
Cisco	Es una empresa multinacional americana que se desarrolla en la manufacturación y ventas de hardware y software, equipos de telecomunicaciones.
IBM	Es una empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría multinacional con sede en Armonk, Nueva York. Fabrica y comercializa hardware y software.
LAN	Red de area local es una red de computadoras que permite la comunicación y el intercambio de datos entre diferentes dispositivos a nivel local.
MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación es el encargado de atender los asuntos concernientes al régimen jurídico que rige la producción agrícola, pecuaria e hidrobiológica, así como aquellas que tienen por objeto mejorar las condiciones alimenticias de la población, la sanidad agropecuaria y el desarrollo productivo nacional en Guatemala.

Microcontrolador	Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales que cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.
Rockwell	Es una empresa estadounidense que ofrece sistemas de automatización e información industrial. Las marcas incluyen Allen-Bradley y Rockwell Software.
SQL	Es un lenguaje de dominio específico, diseñado para administrar y recuperar información de sistemas de gestión de bases de datos relacionales, incluye la inserción de datos, consultas, actualizaciones y borrado, la creación y modificación de esquemas y el control de acceso a los datos.
Web server	Es un dispositivo virtual que le brinda espacio y estructura a los sitios web para que almacenen sus datos y manejan sus páginas.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de una red de automatización en una finca agrícola que se puede definir al mejoramiento de recursos humanos, materia prima y aprovechamiento del suelo para un óptimo desempeño y desarrollo de los cultivos y en este caso en plantas ornamentales para su exportación a nivel internacional.

La característica principal de este tipo de proyecto de desarrollo es que en la actualidad nuestro país no hay iniciativas para que las fincas aprovechen los avances tecnológicos para un mejor control y manejo de los cultivos, y así lograr aumentar y mejorar la calidad del cultivo. Para mejorar el producto final es necesario obtener datos de las características del suelo como también la calidad del agua que utilizan en el sistema de riego.

En el ámbito profesional, el interés de la automatización de recursos en una finca agrícola es para comparar los resultados finales del cultivo en un área donde se tiene una red automatizada contra un área donde la toma de decisiones se realiza después de obtener el producto final, ya que en la actualidad hasta que se tenga el cultivo se sabe si el suelo necesita más nutrientes y si las propiedades del agua del sistema de riego son las adecuadas.

El tipo de metodología que se utilizó en el presente estudio es cuantitativo ya que se necesita obtener los datos medibles para conocer los nutrientes necesarios del suelo como también del sistema del riego para obtener un producto de calidad, además por ser ornamentales también aumentaría la cantidad de plantas por área.

Con la automatización de la finca se tendrá que diseñar un sistema el cual informe los estados del suelo y la calidad del agua como también la implementación de los recursos durante la producción, crear la estructura que evalúe la calidad del agua para evitar aumento de salinidad del suelo y al final comparar los resultados finales en un área automatizada contra un área sin ningún tipo de medidores.

Los capítulos se dividirán con la creación de un sistema que evalúe la calidad del agua en el sistema de riego como también los parámetros necesarios para que el suelo no se encuentre altamente salino, también implementar un medidor de nutrientes del suelo para el crecimiento óptimo y que aumente la cantidad de ornamentales por área, generar una aplicación donde se podrán observar los datos por área automatizada y comparar los valores necesarios para ejecutar un plan de acción.

2. ANTECEDENTES

Parada y Carrillo (2016) en la revista de Estudios Interdisciplinarios de Ciencias Sociales de Colombia, realizaron un estudio la automatización en un sistema de riego en un cultivo de sandias donde se distinguen varios aspectos en la eficiencia de aplicación de agua de riego, tales como el diseño del sistema, los caudales existentes, la frecuencia y el tiempo de riego. Estos elementos son importantes ya que establecerá un análisis costo-beneficio en cuanto a la implementación de un sistema de riego automatizado.

El agua no es el único elemento necesario para el desarrollo de los cultivos sino también el fertirriego, el cual consta de la aplicación de fertilizantes sólidos o líquidos en el sistema de riego. Por lo que se pueden agregar variables para tener mejores resultados.

En este artículo la automatización, tomó en cuenta el lazo cerrado, ya que se utiliza una retroalimentación de la salida de los procesos una operación de adición o sustracción, una corrección conforme a un resultado definido, tomando en cuenta las variables como el caudal de riego, medición de temperatura y medición de humedad del suelo. Utilizando un microcontrolador, sistema de comunicación UART, electroválvulas y circuitos de potencia en su implementación.

Rincón, Silva, Torres (2016) en Revista de Investigaciones Agroempresariales hicieron un estudio de Automatización de invernaderos para producción agrícola con tecnología de punta a bajo costo, dicho estudio se realizó en la granja ubicada en el Batallón de infantería No.26 Cacique Pigoanza,

Colombia. Con el objetivo de crear un prototipo de bajo costo y adaptable a los requerimientos del campo al tiempo que perfila como una opción a los campesinos.

El alcance del proyecto es controlar 5 factores, los cuales fueron mantener la temperatura y condiciones de humedad adecuada, controlar el sistema de riego y ventilación, crear una interfaz para el usuario, bajo costo de materiales y utilización de energía alternativa.

Después de haber implementado los elementos electrónicos se logró analizar los datos y determinar la calidad de producción del cultivo, confirmando que la automatización de los invernaderos ayuda a agilizar los procesos agrícolas.

Espiosa, Nolasco, Mengelberg (2018) en *Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo*, en el cual mostraron un prototipo funcional que unía la computación, comunicación y electrónica, para sistemas cerrados, el cual proporcionaba información del suelo como arena, arcilla, densidad aparente.

Por la escasez del agua que tienen ciertas áreas de México para el crecimiento adecuado de las plantaciones, se generó un informe del balance hídrico, el cual resulta en la decisión de regar o no algunos cultivos. Si en el análisis se necesita realizar el riego, automáticamente activará los dispositivos físicos tales como electroválvulas, ventiladores, lámparas.

Con el objetivo de describir el desarrollo de un sistema-prototipo de riego automático que integra el componente de entrada, de control y de salida compuesto con dispositivos electrónicos con una interfaz de potencia y el control se llevaría mediante un balance hídrico como la información de los cultivos y

suelos. Adicional se agregó un sistema de comunicación bidireccional por medio de modem-celular.

Peña, Palacio (2018) en *Impacto de las nuevas tecnologías de Industria 4.0*, en Colombia habla de la nueva era de la industrialización donde se implementan las tecnologías tales como IoT, Big Data, Ciberseguridad, automatización, realizaron el estudio en las granjas avícolas con fines de que las pymes puedan realizar mejores inversiones en optimización y/o renovación de sus plantas productivas.

El sector de la agroindustria es un campo muy grande el cual requiere el desarrollo tecnológico, por lo que se implementó un sensor de temperatura y humedad el cual registra toda la información en la nube y se logra visualizar desde una *app*, los parámetros que se utilizaron fueron de la granja Santander ya que ellos manejan sus estándares.

Se tuvieron los resultados esperados por el cliente utilizando microcontroladores, sensores y pantallas LCD para su visualización, como también un software libre para obtener los registros almacenados, se utilizó un chasis IP-66 el cual es un estándar que garantiza las condiciones de intemperie, además se observó que la batería duraba 4 días sin carga ya que son de bajo consumo.

Zambrano Corte, Behrentz Pfalz (2015) en el documento *Automatización de un cultivo hidropónico para el control de variables*, donde se realizó el estudio de los nutrientes y fertilizantes para el crecimiento de flores y vegetales, el cual, se lleva a cabo en Colombia en un invernadero implementado en el laboratorio de electrónica de la sede El Cedro.

Con el objetivo de medir y controlar las variables físicas y químicas para la dosificación de nutrientes, diseñar un sistema de medición y control para las variables de una especie en particular.

Realizaron un método cuantitativo para generar los datos que sean estadísticamente analizables, con visitas y apoyo de distintos distribuidores de insumos agrícolas se logró construir el concepto del diseño. Utilizando el método instruccional ADDIE, para la recopilación y análisis de la información. Se diseñó un sistema para el control de temperatura, humedad, luminosidad y la mezcla de la solución de los nutrientes en tanques diferentes.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad del país se tiene muchas fincas donde se realiza el cultivo de vegetales, frutas y plantas ornamentales; las cuales son ramas de un campo más pequeño por lo que no se tiene muchos estudios ni trabajos de automatización. El cultivo de las ornamentales son plantas que se utilizan con propósitos decorativos por sus características estéticas, últimamente se ha incrementado con el desarrollo económico de la sociedad, ya que las áreas jardineras en las ciudades en el interior de los hogares y edificios públicos solicitan tener plantas de decoración.

La demanda de las plantas ornamentales se ha incrementado debido al aumento de construcción de edificios, eventos y más, por lo que se necesita tener un mejor control de la producción de la planeación para cumplir con las demandas del mercado y que cumpla con los estándares de exportación en dado caso se necesite enviar lotes al extranjero, para lo que en esta investigación se formuló la interrogante principal:

¿La automatización en el sistema de riego y el análisis de los nutrientes del suelo con una red de telecomunicaciones aumentaría el crecimiento y producción de las plantas ornamentales?

Se ha observado que en las fincas no cuenta con un sistema de automatización el cual indica si la calidad del suelo es la adecuada para el correcto desarrollo, como también si el agua que se utiliza para el riego tiene las propiedades necesarias para el crecimiento óptimo de las plantas ornamentales.

Por lo que se formularon las siguientes interrogantes que ayudarán a la pregunta central:

- ¿Cómo sería el crecimiento de plantas ornamentales en la producción de la finca La Moraleja, con un diseño de red automatizado para aumentar su producción?
- ¿Es la automatización de un sistema de riego con análisis de nutrientes del suelo una solución para el deterioro del mismo?
- ¿Cuáles son los efectos generados en las plantas ornamentales de la finca La Moraleja si sus niveles de nitrógeno, fósforo y potasio no son medidos en tiempo real usando una red de telecomunicaciones?

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de la red de automatización de los procesos agrícolas para el crecimiento óptimo de las plantas ornamentales, tomando en base la finca La Moraleja, Masagua, Escuintla.

En la actualidad en nuestro país hay muchas fincas donde no se tiene la automatización en cuenta ya que estiman que puede llegar a ser muy costoso por mano de obra, capacitación y equipo, o no tienen los recursos necesarios para el desarrollo de la misma, por lo que prefieren habilitar el riego a cada cierta hora, aplicar fertilizante y nutrientes cada cierto tiempo, sin ni siquiera contemplar si es necesario a las distintas áreas de la finca.

En el mercado ya se encuentran varios tipos de sensores para medir en el suelo, y el agua y así conocer si cuentan con las propiedades necesarias para lograr el crecimiento de las plantas ornamentales tales como:

- Sensor de humedad del suelo.
- Sensor de pH del suelo.
- Sensor de nitrógeno del suelo.
- Sensor de fósforo del suelo.
- Sensor de potasio del suelo.
- Sensor de sólidos en agua.
- Sensor de conductividad eléctrica del agua.
- Sensor del factor de conductividad.

Con estos sensores se logra diseñar y crear un sistema de riego automatizado con medidores de nutrientes tanto en el suelo como en el agua para que las plantas ornamentales crezcan eficientemente.

Al implementar los sistemas necesarios en la finca se obtendrán los valores del suelo y del agua, los cuales se almacenarán en una base de datos y con los mismos se realizará una acción para aumentar, disminuir o aplicar las dosis necesarias en el suelo y agua de la finca para un desarrollo óptimo.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Automatizar el proceso de riego de plantas ornamentales por medio de una red de monitoreo de minerales y calidad del suelo con una red de telecomunicaciones para la mejora del crecimiento y producción de la finca La Moraleja.

5.2. Específicos

- Diseñar un sistema de riego automatizado con una red de monitoreo que mejore e informe la calidad de suelo para producción de plantas ornamentales de la finca La Moraleja.
- Implementar un sistema automatizado de riego y una red de monitoreo que garantice la mejora de la calidad de suelo para producción de plantas ornamentales de la finca La Moraleja.
- Comparar la calidad y el crecimiento generado en las plantas ornamentales con un sistema de riego automático y una red de monitoreo, con la calidad de crecimiento generado sin este sistema para producción de plantas ornamentales de la finca La Moraleja.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad de realizar esta investigación es diseñar e implementar el sistema de monitoreo y control automatizado para el análisis de los valores de ph, nitrógeno, fósforo y potasio en suelo agrícola para el aumento de población y crecimiento óptimo de las plantas ornamentales para su exportación, mejorando el manejo de los recursos. Facilitando la recopilación de datos, y activando los actuadores en tiempo real para el monitoreo y control de los recursos de la finca La Moraleja en Cuyuta Escuintla.

Se colocó un sensor de detección de nutrientes y humedad del suelo NPK por sus siglas nitrógeno, fosforo y potasio en una área donde se siembran plantas ornamentales para comprobar el cambio de los niveles durante su crecimiento, como también un sensor de medición de calidad de agua para validar los sólidos que se encuentren en la misma, la conductividad como su factor de conductividad para no variar la salinidad del suelo, teniendo los datos se podrá ejecutar una acción para mitigar cualquier tipo de afectación en el crecimiento de los cultivos. Estos datos se estarán visualizando con una aplicación para el constante monitoreo de la producción para mantener los parámetros necesarios.

En la actualidad en la finca no cuentan con un sistema de calidad de agua para riego y tampoco un sistema para medir los nutrientes del suelo ni su humedad, cuando detectan alguna anomalía en el crecimiento de las plantas ornamentales es cuando empiezan a colocar los nutrientes en el cultivo.

Los sensores que se utilizaran para las mediciones son los siguientes:

Figura 1. **Sensor calidad de agua**



Fuente: AliExpress (2021). Monitor de calidad de agua. Consulta: 31 de Julio del 2021.
Recuperado en <https://es.aliexpress.com/item/32847269859.html>

Se implementará un diseño a base con estos sensores los cuales serán los indicadores para activar actuadores para el sistema de riego, si se tiene que nutrir el suelo comparando los datos para ver la calidad y el crecimiento de plantas ornamentales en la finca.

Se determinará si una red de automatización para la calidad del suelo y el agua aumentará la calidad y cantidad de plantas ornamentales.

Se estima que se podrá observar el cambio en 4 meses de evaluación en la finca.

6.1. Esquema de solución

El esquema de la solución del problema consta de seis fases:

La primera fase, es la validación de los valores óptimos de los nutrientes y minerales de las plantas ornamentales, específicamente la de sansevieria trifasciata y niveles de salinidad del suelo agrícola.

La segunda fase, es el análisis de criticidad de los equipos, componentes y elementos que componen las mediciones, transmisión actuadores y el análisis de datos de la finca para un desarrollo óptimo de la cultivación.

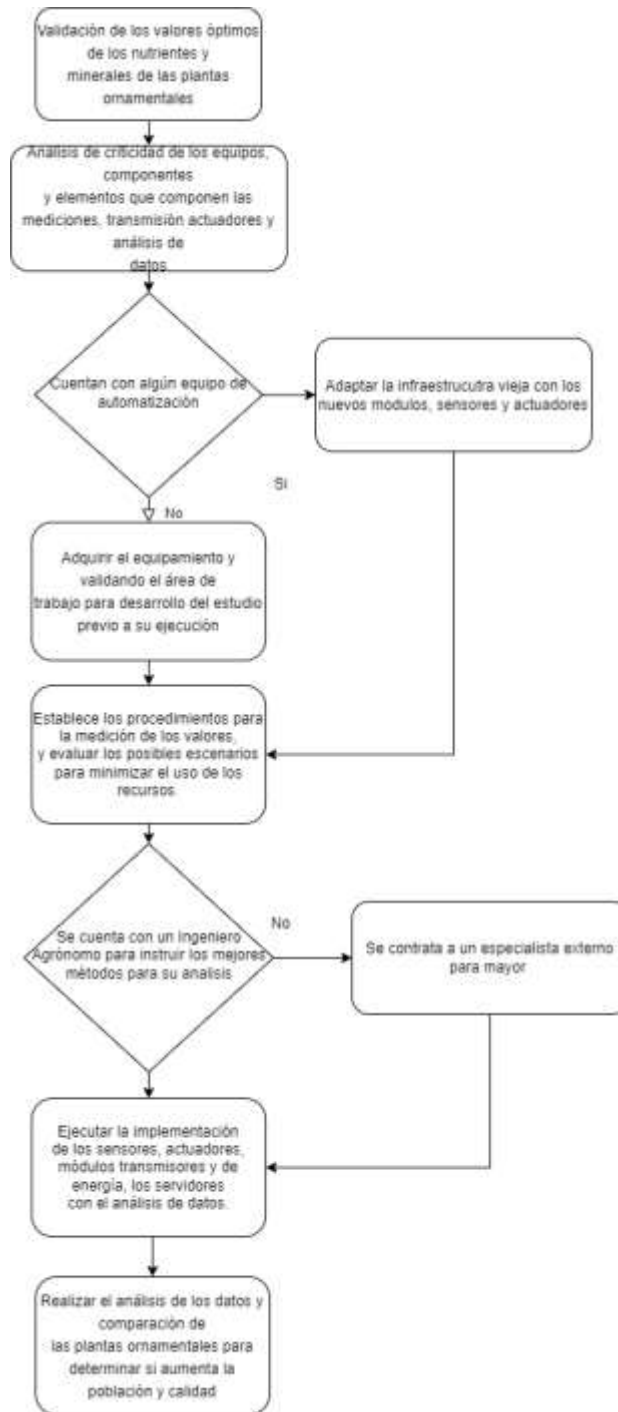
La tercera fase, se estará adquiriendo el equipamiento y validando el área de trabajo para desarrollo del estudio previo a su ejecución.

La cuarta fase, se establecen los procedimientos para la medición de los valores, y evaluar los posibles escenarios para minimizar el uso de los recursos

La quinta fase, se ejecutará la implementación de los sensores, actuadores, módulos transmisores y de energía, los servidores con el análisis de datos.

La sexta y última etapa, se realizará el análisis de los datos y comparación de las plantas ornamentales para determinar si aumenta la población y calidad.

Figura 2. Esquema de la solución

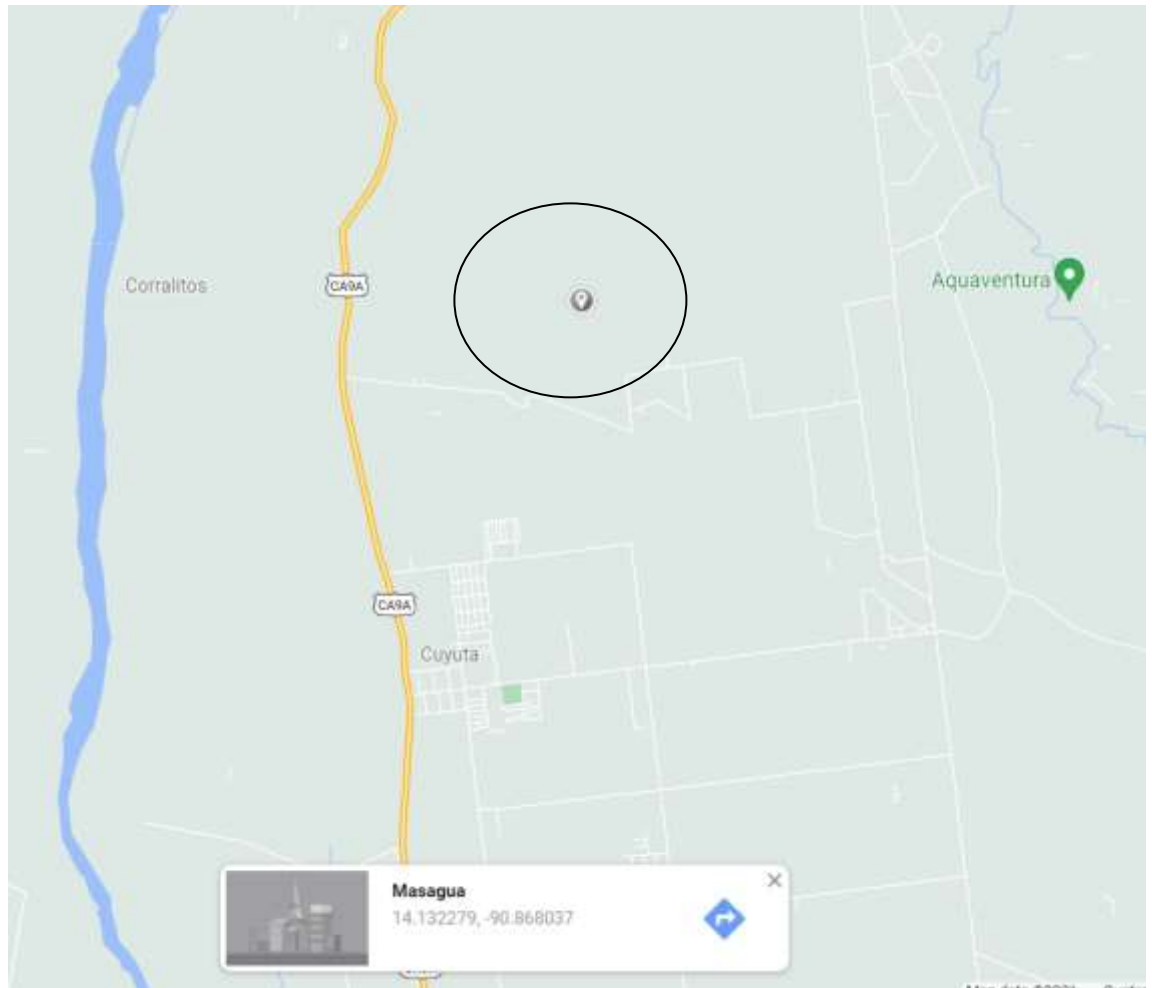


Fuente: elaboración propia en app.diagrams.net

6.2. Ubicación del área y lugar de estudio

El área donde se realizará el estudio se encuentra localizada en el departamento de Escuintla, en el municipio de Masagua y el pueblo Cuyuta, el cual tiene como nombre finca La Moraleja.

Figura 3. Ubicación de la finca La Moraleja



Fuente: Google Maps 2022. Consultado el 24 de marzo del 2022. Recuperado de <https://www.google.com/maps/@14.129424,-90.8696527,17z?hl=es>

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Agricultura en Guatemala

Guatemala es un país con tierras fértiles en diferentes metros sobre nivel del mar por lo que se tiene una gran variedad de cultivos, según la Organización de Agricultura y Comida de las Naciones Unidas Guatemala cuenta con 10889 (1000 ha) de área en la república, 107916 (1000 ha) de tierra, 3856 (1000) áreas para arquitectura y 3574.2 (1000) de área forestal según un estudio en 2016.

Según Solona Garrido, A.L., & Ochoa, W. (2019) “indica que la agropecuaria aporta el 21 % del producto interno como también el 36 % de las exportaciones, además se tienen tres modalidades como agricultura campesina, semicomercial y exportación”.

El cambio climático en Guatemala hace que los cultivos no logren su óptimo desarrollo ya que no solo afectaría a la planta en crecimiento si no también el suelo perdiendo los minerales y salinidad. Por lo que aplicar nuevas tecnologías en la agricultura aumentaría la protección de los cultivos en crecimiento y monitorear para ejecutar un plan de ataque.

7.2. Suelos agrícolas en Escuintla

El estudio se hará en Masagua, Escuintla, por lo que se tiene que los suelos del departamento de Guatemala son profundos y bien drenados desarrollado sobre lodo volcánico y según el Ministerio de Agricultura, Ganadería

y Alimentación (MAGA) se encuentra distribuido de la siguiente manera, Andisoles, Inceptisoles, Entisoles y Mollisoles.

Además, se tiene vulnerabilidades en esta región y más que todo por el historial de desastres naturales que han afectado a Escuintla como las tormentas tropicales Stan, Agatha y la erupción del volcán de Pacaya.

7.3. Plantas Ornamentales

Una planta ornamental es aquella que se comercializa con fines decorativos en eventos, edificios y hogares, como jardines montados y diseños paisajísticos, por lo que se ha incrementado la demanda.

El mercado de las plantas ornamentales cambia dependiendo al mercado mundial, si se exportan, las mismas deben tener resistencia para el transporte por lo que no todos los cultivos son aptos para su venta al exterior, por lo que tiene que tener ciertas cualidades como tolerancia al suelo, riego, luz, enfermedades y resistencia a las plagas.

7.4. Sansevieria trifasciata

La planta sansevieria trifasciata que también se conoce como oreja de burro es originaria de África, es una ornamental de uso de interiores y exteriores y se conoce como una de las más resistentes al cambio climático menos a las heladas de ciertos países. El crecimiento de las plantas es erguido si reciben luz de forma constante y pareja, si crecen de forma recostada es por que ellas perciben que hacia esa dirección tienen mayor fuente de luz, por lo que no están en el lugar adecuado para su desarrollo.

Figura 4. **Sansevieria trifasciata**



Fuente: [Fotografía de Robin Maldonado]. (Guatemala, Guatemala, 2022).
Colección particular. Guatemala.

7.5. Nutrientes fundamentales

Todas las plantas necesitan cierta cantidad de nutrientes para crecer óptimamente ya sean ornamentales u hortalizas, necesitan un balance para que no pongan en peligro su desarrollo por lo que es fundamental verificar los niveles de los nutrientes en el suelo o reforzarlos mediante fertilizantes. El exceso de algún otro nutriente no compensa el déficit de otro.

7.5.1. Fertilizantes minerales

Existen 3 fertilizantes importantes en los cultivos los cuales son: nitrógeno, fósforo y potasio.

7.5.1.1. Nitrógeno

Es un mineral que determina el crecimiento y desarrollo de la planta, se encarga en la multiplicación celular del cultivo, como también ayuda a la producción de proteínas.

7.5.1.2. Fósforo

Es el encargado de aportar vigor a las raíces por lo que favorece al desarrollo del cultivo, durante la germinación, como también a la floración y enzimas.

7.5.1.3. Potasio

Mineral que se utiliza en los cultivos ya que estimula la fotosíntesis y disminuye la transpiración.

7.5.1.4. pH

El potencial hidrógeno de los suelos agrícolas nos indica si es ácido o alcalino, ya que esto ayuda que las raíces absorben los minerales para crecer, se tiene que el rango aceptable es de 5.5 a 7.0 aunque de preferencia se mantenga de 6.0 a 6.5.

7.6. Automatización

La automatización consiste en usar las nuevas tecnologías para realizar actividades o tareas sin la necesidad de las personas o usuarios, y se pueden utilizar en cualquier sector donde la tarea sea repetitiva. La automatización ayuda tanto a las pequeñas, medianas y grandes empresas a un cambio hacia la era digital, ya que es fundamental para gestionar, cambiar y adaptar la manera en que las compañías operan los procesos.

Uno de los objetivos de la automatización es realizar las tareas con mayor rapidez, por lo que libera personal para que puedan enfocarse en otras actividades que no sean repetitivas o incluso si lo son, optimizar nuevos procesos posteriormente.

La automatización no busca sustituir al personal, pero en algunos casos sucederá, pero busca enfocarse en la productividad, estandarización y la eficiencia.

7.6.1. Ventajas

Una de las ventajas de la automatización es que aumenta la productividad, ya que deja los trabajos repetitivos, demandantes y pesados. Además, como se tiene menor intervención humana mejora la confiabilidad haciendo que los procesos, rutinas de trabajo, tengan mayor control.

7.6.2. Desventajas

Al realizar un diseño que automatice los trabajos generalmente tiene un costo, el cual no muchos están dispuestos a realizar, por que se tiene que tener

una gran ganancia para impulsar los proyectos, sin embargo no se dan cuenta que podrían utilizar el personal en otras actividades, entonces la falta de conocimiento y tiempo hace que los empresarios no automaticen los procesos, además también hay que tomar en cuenta que no todas las automatizaciones tiene el mismo alcance por lo que si no se hace un estudio previo, se estaría realizando un mala inversión.

7.7. Sensores de minerales

Se coloca un sensor de detección de nutrientes y humedad del suelo NPK (por sus siglas nitrógeno, fosforo y potasio), en una área donde se siembran plantas ornamentales para comprobar el cambio de los niveles durante su crecimiento, como también un sensor de medición de calidad de agua para validar los sólidos que se encuentren en el agua, como su factor de conductividad para no variar la salinidad del suelo, tras obtener los datos se podrá ejecutar una acción para mitigar cualquier tipo de afectación en el crecimiento de los cultivos. Estos datos se estarían visualizando con una aplicación para el constante monitoreo de la producción para mantener los parámetros necesarios.

Figura 5. **Sensor NPK**



Fuente: Renke. Soil NPK sensor. Consulta: 31 de Julio del 2021. Recuperado de <https://www.renkeer.com/product/soil-npk-sensor/>

7.8. Automatización de Fertirriego

El fertirriego es un proceso práctico y repetitivo en las fincas, por lo que se puede automatizar liberando personal para otras actividades, se logra dosificar de manera adecuada la cantidad de fertilizante para todo tipo de cultivos. Por lo que aparte de controlar los valores de pH y conductividad eléctrica también monitorea los valores de los nutrientes del suelo. Esto mediante PLC, sensores, IoT (internet of things) y software para su monitoreo y ejecución de actividades.

7.8.1. PLC

Un dispositivo PLC o Controlador lógico programable como se conoce es una computadora la cual se puede configurar para realizar automatización, en varios campos, comúnmente en la industria para procesos electromecánicos,

electroneumáticos y de más, también son dispositivos robustos que soportan grandes temperaturas.

7.8.2. IoT

Con el transcurso en el tiempo, desde el origen del internet hasta la actualidad, se ha basado siempre con algo básico pero muy elemental que ha sido la conectividad para mayor facilidad de comunicación, se empezó con digitalizar los accesos. Por ejemplo: correo electrónico, los exploradores, motores de búsquedas etcétera. Después se digitaliza los negocios, para que se convirtieran más eficientes al unir las cadenas de suministros, después la interacción donde las redes sociales, los servicios en las nubes empiezan a llenar terreno.

Con el Internet de las cosas (IoT), se pretende digitalizar el mundo de forma que las conexiones con las personas, la información y los procesos se logran unificar para habilitar nuevos servicios y experiencias. Un claro ejemplo de esto es que actualmente Google ya desarrolló carro auto manejable. Con el tiempo lo han complementado, al principio los carros empezaron con sensores de temperatura, aire, aceite y la proximidad. Con el tiempo empezaron a converger con el fin de facilitar las decisiones que el conductor realiza mientras maneja. Otro ejemplo es que las empresas quieren cambiar a la Industria 4.0, que se enfoca en varios sensores se conecta con los equipos de automatización para tener una interconectividad.

Si la industria ya cuenta con esa facilidad esto conlleva a que se puedan comunicar con la nube, lo cual es una gran ayuda para analizar datos, almacenar información, para que las máquinas se comuniquen entre sí, conocido como M2M.

7.8.2.1. Arquitectura de IoT

En el 2014 se realizó un comité liderado por Cisco, IBM y Rockwell quienes publicaron las siete capas de referencia de la arquitectura de IoT:

Figura 6. Modelo de referencia IoT



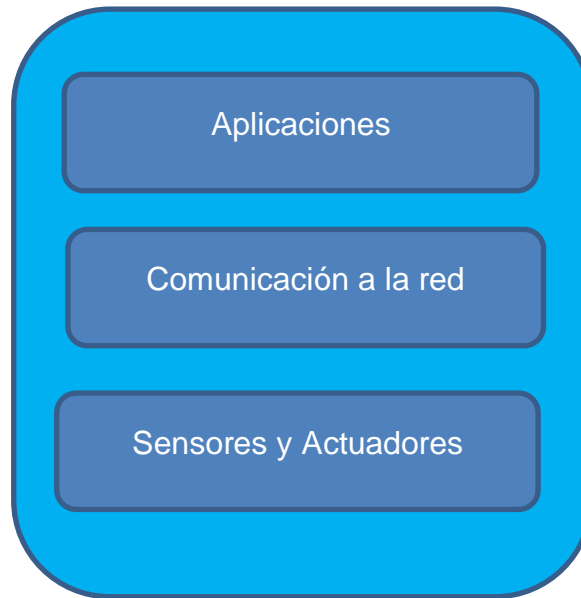
Fuente: Hanes (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things. (p 10).

- Capa 1: Capa de dispositivos y controladores, el cual se encarga principalmente en generar datos a través de dispositivos finales y sensores.
- Capa 2: Capa de conectividad, la función principal en IoT es la comunicación entre los dispositivos con la red y la red con el procesamiento de datos.

- Capa 3: Computación al borde o en la niebla, se encarga de la reducción de datos y convirtiendo el tráfico en información lista para el almacenamiento y procesamiento en las capas superiores.
- Capa 4: Acumulación de datos, obtiene los datos y los almacena para cuando sean necesarios.
- Capa 5: Extracción de datos, compone varios tipos de datos y asegura la fuente, confirma que los mismos estén completos y los consolida en un lugar o múltiples almacenamientos usando la virtualización.
- Capa 6: Aplicación, interpreta los datos mediante software por lo que las aplicaciones podrían monitorear, controlar, y proveer reportes en base a los datos analizados.
- Capa 7: Colaboración y procesos, es la encargada de cambiar los procesos empresariales y brindar los beneficios de IoT.

En la actualidad la arquitectura de IoT se ha reducido a 3, simplificando el desarrollo y los estándares dependientes en cada una de las capas.

Figura 7. **Pilar funcional del núcleo IoT**



Fuente: elaboración propia en Microsoft Word.

7.8.3. Actuadores

Es un dispositivo electrónico comúnmente acompañado con PLC y/o microcontroladores para el correcto funcionamiento de un sistema automatizado los cuales se pueden enfocar en actividades hidráulicas, neumáticas y eléctricas.

7.9. Sistema de gestor de base de datos

Es un conjunto de programas que permiten almacenar, modificar y generar información extrayendo de la información en los softwares, también se utilizan para mantener la integridad, confiabilidad y accesibilidad de los mismos.

En la actualidad hay una gran variedad de programas para desarrollar sistemas informáticos, los cuales facilitan un sinnúmero de procesos para que las empresas logren brindar mejores servicios, claro está los más amigables tienden a ser exclusivos por lo cual hay que pagar una licencia para obtener el producto como también soporte técnico del mismo.

Por la facilidad de los programas de código abierto otorga a los usuarios, el diseño del presente trabajo de graduación se utilizaron solamente softwares de código abierto, y serían los siguientes, Arduino IDE, KiCad, Android Studio, Nextion Editor, MYSQL y Blender, los cuales se realizará una pequeña descripción de cada uno de los softwares.

7.9.1. Arduino IDE

Es una plataforma que utiliza el lenguaje de programación C/C++, el cual es muy amigable con varios microcontroladores específicamente los ATmega, este programa se puede instalar en sistemas operativos macOS, Windows y Linux para el desarrollo. Además, cuenta con una plataforma de edición por web para generar el código sin necesidad de instalar el programa en algún ordenador, este último método se necesita crear un usuario para que se tenga un repositorio de los archivos generados en la cuenta.

7.9.2. KiCad

Es un programa de código abierto de Diseño de Automatización Electrónica, el cual maneja diagramas esquemáticos, varias capas para circuitos impresos, de igual forma se puede instalar en sistemas operativos como Windows, Linux y macOS. Trabajan en conjunto varias empresas conocidas para darle soporte para el desarrollo de los circuitos actualizando los elementos

electrónicos tales como SoftPLC, The Raspberry Pi Foundation, Arduino LLC entre otras.

Además, este programa cuenta con la particularidad de poder crear su propia pieza electrónica y se puede generar en dimensiones milimétricas para una mejor creación de circuitos impresos con los elementos electrónicos nuevos y subirlos a un repositorio en la web para que se puedan distribuir libremente.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

PLANTEANAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DE MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1 AGRICULTURA EN GUATEMALA

1.2 SUELO AGRÍCOLAS EN ESCUINTLA

1.3 PLANTAS ORNAMENTALES

1.4 SANSEVIERIA TRIFASCIATA

1.5 NUTRIENTES FUNDAMENTALES

1.5.1 FERTILIZANTES MINERALES

1.6 AUTOMATIZACIÓN

1.6.1 VENTAJAS

1.6.2 DESVENTAJAS

1.7 SENSORES DE MINERALES

1.8 AUTOMATIZACIÓN DE FERTIRRIEGO

1.8.1 PLC

1.8.2 IOT

1.8.3 ACTUADORES

1.9 PROGRAMAS DE CÓDIGO ABIERTO

1.9.1 ARDUINO IDE

1.9.2 KIDCAD

1.9.2 BLENDER

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

METODOLOGÍA

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

9. METODOLOGÍA

9.1. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es cuasiexperimental por que se estarán manipulando y controlando los niveles de ph, fósforo, potasio y nitrógeno, variables no aleatorias, para un grupo específico de cultivos ornamentales, por medio de un sistema de riego automatizado, con una red de monitoreo para obtener los valores de las variables, posteriormente se comparará la calidad de crecimiento y producción de esas plantas con otro grupo específico de cultivos ornamentales producidas sin este sistema de la finca La Moraleja.

Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen (Hernández, et al., 2007, p. 100).

Cook y Campbell (1986) afirman que los cuasiexperimentos son como experimentos de asignación aleatoria en todos los aspectos excepto en que no se puede presumir que los diversos grupos de tratamiento sean inicialmente equivalentes dentro de los límites del error muestral (p. 142).

9.2. Paradigma de la investigación

La investigación tendrá como base epistemológica el positivismo como guía para su elaboración, ya que es el que mejor se adapta a las características y necesidades del estudio.

“El positivismo mantiene que todo conocimiento científico se basa sobre la experiencia de los sentidos sólo puede avanzarse mediante la observación y el experimento, asociados al método científico.” (Ferrerres y Gonzales, 2006, p.117).

El paradigma positivista y su enfoque cuantitativo permitirá medir el desarrollo de las plantas ornamentales en la finca La Moraleja ubicada en Cuyuta, Escuintla.

9.3. Enfoque de la investigación

El presente trabajo será diseñado con el planteamiento metodológico del enfoque mixto, ya que es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación, utilizando la recolección y el análisis de datos para contestar si la automatización y el monitoreo constante con ayuda de las telecomunicaciones se logra obtener mejores resultados.

QuestionPro. (s.f). define la investigación mixta como una metodología de investigación que consiste en recopilar, analizar e integrar tanto investigación cuantitativa como cualitativa. Indica que este enfoque se utiliza cuando se requiere una mejor comprensión del problema de investigación.

Del enfoque cuantitativo se tomará la técnica de muestreo probabilístico y del enfoque cualitativo la técnica de muestreo observatorio para describir el desarrollo de las plantas ornamentales en la finca La Moraleja ubicada en Cuyuta, Escuintla.

9.4. Población de estudio

La población del estudio estará conformada por una cantidad de 300 plantas ornamentales que crecen por hectárea en la finca La Moraleja en Cuyuta, Escuintla, así como los jefes del establecimiento.

9.5. Tipo de muestreo

Se utilizará un tipo de muestreo probabilístico ya que se estará analizando un grupo pequeño de la población, en este caso las plantas ornamentales de tipo sistemático y con arranque aleatoria ya que se realizarán 2 grupos los cuales se compararán para obtener una mejor recolección de datos utilizando, los sistemas de automatización en conjunto con telecomunicaciones.

9.6. Técnica de investigación

Del enfoque cuantitativo se tomará la técnica de muestreo probabilístico para la recopilación de datos y análisis del mismo, mientras que del enfoque cualitativo la técnica de muestreo observatorio para describir el desarrollo de las plantas ornamentales al controlar las variables en la finca La Moraleja ubicada en Cuyuta, Escuintla.

9.7. Instrumentos de recolección de datos

Como el instrumento para la recolección de datos y su posterior análisis se utilizará la observación científica ya que se está evaluando un objetivo claro y es el cambio de las ornamentales controlando sus valores de los nutrientes y minerales, como también una encuesta donde indiquen cuántos recursos se utilizan antes y después de la implementación.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se utilizará el programa de Microsoft Excel como herramienta de análisis de datos ya que tiene amplias herramientas, control y generación de gráficos, para identificar las mejoras que se lograron obtener en los cultivos de ornamentales para su exportación.

11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta la organización cronológica del proceso de la elaboración de la propuesta final que da la solución al problema de investigación, estará organizado por semanas, abarcando un total de, desde el inicio hasta la presentación del informe final.

La primera fase, es la validación de los valores óptimos de los nutrientes y minerales de las plantas ornamentales y específicamente la de sansevieria trifasciata, y niveles de salinidad del suelo agrícola.

La segunda fase, es el análisis de criticidad de los equipos y elementos que componen las mediciones, transmisión actuadores y análisis de datos en la finca para un desarrollo óptimo de la cultivación.

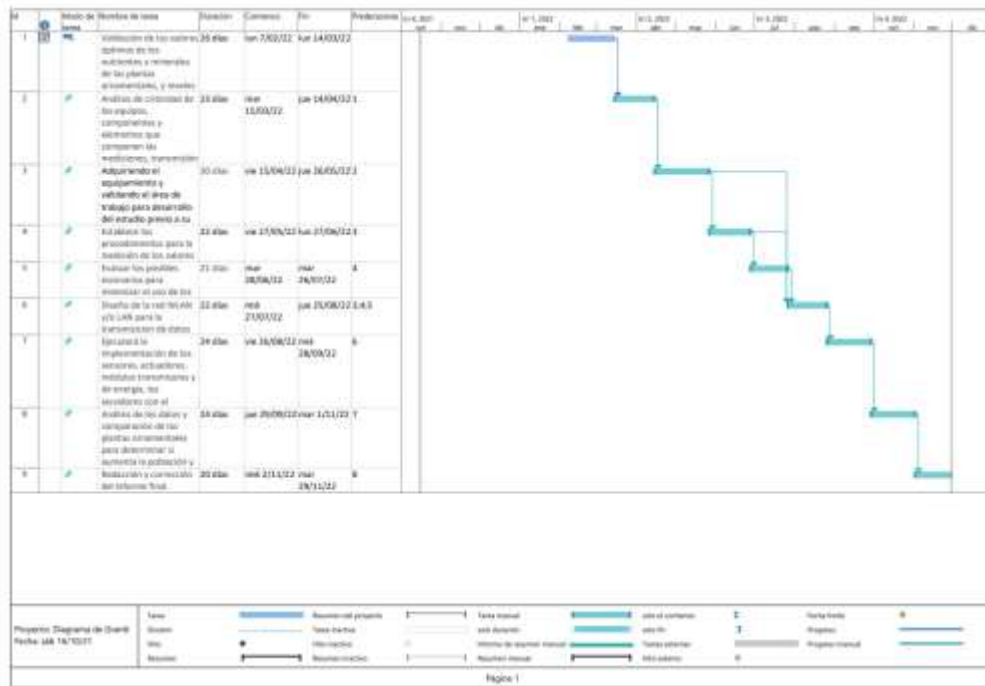
La tercera fase, se estará adquiriendo el equipamiento y validando el área de trabajo para desarrollo del estudio previo a su ejecución.

La cuarta fase, se establecen los procedimientos para la medición de los valores y evaluar los posibles escenarios para minimizar el uso de los recursos.

La quinta fase, se ejecutará la implementación de los sensores, actuadores, módulos transmisores y de energía, los servidores con el análisis de datos.

La sexta y última etapa, se realizará el análisis de los datos y comparación de las plantas ornamentales para determinar si aumenta la población y calidad.

Figura 8. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia en Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación será financiada tanto por el investigador como la administración de la finca La Moraleja, y de la intervención de un asesor de campo de trabajo de investigación. Dentro de los recursos físicos necesarios para la investigación está la asignación por la administración de la finca para contar con el análisis y la recolección de datos de los parámetros necesarios para el óptimo crecimiento de las plantas ornamentales, los equipos de medición y de transmisión de datos hacia un servidor el cual analizará y activará los actuadores para el correcto manejo de los recursos. Los materiales necesarios para llevar a cabo la investigación están los equipos de cómputo del investigador, papelería, una cámara fotográfica, una impresora, internet móvil y los viáticos para las visitas para el sitio, finca La Moraleja, Cuyuta, Escuintla.

Tabla I. **Costo del estudio**

RECURSOS		COSTOS	
Humano	Viáticos de investigador	Q	900.00
Humano	Viáticos de Asesor	Q	900.00
Material	Computadora Personal	Q	2,000.00
Material	Cámara	Q	500.00
Material	Impresiones	Q	300.00
Material	Sistema de Inyección de tinta	Q	150.00
Material	1 resma de hojas	Q	50.00
Material	Sensores	Q	5,000.00
Material	Módulos de transmisión	Q	1,500.00
Material	Módulos de Energía	Q	1,500.00
Material	Servidor	Q	2,500.00
Material	Gastos Imprevistos	Q	2,000.00
	Total	Q	17,300.00

Fuente: elaboración propia en Microsoft Excel.

13. REFERENCIAS

1. Castellón, J., Bernal, R., & Hernández, M. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, vol. 19, núm. 1, 39-50. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750924004.pdf>
2. León y Montero (1997). *Diseño de investigaciones. Introducción a la lógica de la investigación en Psicología y Educación*. (2da. Edic.) Madrid: Editorial Mc Graw-Hill, p. 291. Recuperado de <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/disenos-cuasi-experimentales.html>
3. Lugo, O., Quevedo, A., Bauer, J., del Valle, D., Palacios, E. & Águila Marín. (2018). PROTOTIPO PARA AUTOMATIZAR UN SISTEMA DE RIEGO MULTICULTIVO. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 2(5), 659-672. Recuperado de <https://doi.org/10.29312/remexca.v2i5.1616>
4. Martínez, V., Soto, M., Abadía, R., Puerto, H., Ruiz, A., Cancela, J., . . . Carrión, P. (2010). *Automatización y telecontrol de sistemas de riego*. España: MARCOMBO.
5. Parada, J. & Carrillo, J. (2016). Automatización de sistemas de riego: estrategias de control a través de dispositivos móviles. *Renovat: Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*,

Tecnología E Innovación, (1), 138–160. Recuperado de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnt/article/view/513>

6. Rincón, P., Plazas, J. & Torres, A. (2018). Automatización de invernadero para producción agrícola con tecnología de punta a bajo costo. *Revista De Investigaciones Agroempresariales* 3, 9–23. Recuperado de <https://doi.org/10.23850/25004468.1419>
7. Rojas R, Bermúdez, G., & Jimenez, Q. (2006). *Plantas Ornamentales del Trópico*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
8. Solano, A. & Ochoa, W. (2019). Agricultura y seguridad alimentaria. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.), Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala. (pp. 108–141). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.
9. Toro, S. (2019). Implementación del sistema SCADA, aplicación a invernaderos para optimizar el control y la monitorización del microclima en el cultivo de hortalizas. *Revista Siembra CBA* (1), 55–63. Recuperado de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/Revsiembracba/article/view/2588>
10. Visconti, F. & de Paz, J. (2018). Cómo conocer la salinidad del suelo mediante medidas de conductividad eléctrica. *Levante Agrícola*, 441, 98-103. Recuperado de <http://34.240.160.189/handle/20.500.11939/6403>

11. Yamila, K. (2011). *Aprendizaje por interacción e innovación electrónicas en el sector agroindustrial argentino*. Argentina: Universidad Nacional de General Sarmiento.
12. Zambrano, N. & Behrentz, M. (2014). Automatización de un cultivo hidropónico para el control de variables. *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales* 1(1), 44–54. Recuperado de <https://doi.org/10.23850/24220582.114>