

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE  
SISTEMA DE RIEGO DE INVERNADERO  
PARA EL DESARROLLO DE LA  
AGRICULTURA FAMILIAR EN EL MARCO  
DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA”**

**EN VÍNCULO CON LA ENA**

**DOCENTE INVESTIGADOR:  
ING. EDUARDO ANTONIO AMAYA GARCÍA**

**DOCENTE INVESTIGADOR ASOCIADO:  
ING. WALTER YOBANI RAMÍREZ ARTIGA**

**ESCUELA DE EDUCACIÓN DUAL  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

**ENERO 2016**



**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE  
SISTEMA DE RIEGO DE INVERNADERO  
PARA EL DESARROLLO DE LA  
AGRICULTURA FAMILIAR EN EL MARCO  
DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA”**

**EN VÍNCULO CON LA ENA**

**DOCENTE INVESTIGADOR:  
ING. EDUARDO ANTONIO AMAYA GARCÍA**

**DOCENTE INVESTIGADOR ASOCIADO:  
ING. WALTER YOBANI RAMÍREZ ARTIGA**

**ESCUELA DE EDUCACIÓN DUAL  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

**ENERO 2016**

**Rectora**

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

**Vicerrector Académico**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

**Vicerrectora Técnica Administrativa**

Inga. Frineé Violeta Castillo

**Dirección de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. David Emmanuel Agreda

Inga. Lorena Victoria Ramírez de Contreras

Sra. Edith Aracely Cardoza

**Director Escuela de Educación Dual**

Ing. Ovanio Humberto Ávalos

631.587

A489d Amaya García, Eduardo Antonio, 1980-

SV

Diseño de automatización de sistema de riego de invernadero para el desarrollo de la agricultura familiar en el marco de la seguridad alimentaria : en vínculo con la ENA / Eduardo Antonio Amaya y Walter Yobani Ramírez Artiga. – 1ª ed. – Santa Tecla, El Salv. : ITCA Editores, 2016.

30 p. : il. ; 28 cm.

ISBN : 978-99961-50-35-7

1. Riego – automatización. 2. Dispositivos para aguas. 3. Riego por goteo 4. Cultivos de regadillos – automatización. I. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. II. Ramírez Artiga, Walter Yobani. III. Título.

**Autor**

Ing. Eduardo Antonio Amaya García

**Docente Investigador Asociado**

Ing. Walter Yobani Ramírez Artiga

Tiraje: 12 ejemplares

Año 2016

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. El contenido de este Informe de Investigación no puede ser reproducido parcial o totalmente sin previa autorización escrita de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE  
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

TEL: (503)2132-7423

FAX: (503)2132-7599

---

# CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA .....	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	5
3.	OBJETIVOS.....	6
3.1.	OBJETIVO GENERAL .....	6
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
4.	HIPÓTESIS .....	6
5.	MARCO TEÓRICO .....	6
5.1.	INVERNADEROS .....	6
5.2.	LA AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADEROS EN EL SALVADOR.....	7
5.2.1.	<i>El Controlador Lógico Programable</i> .....	8
5.2.2.	<i>La interfaz humana maquina</i> .....	9
5.2.3.	<i>Sistema de Riego Automatizado</i> .....	9
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	10
6.1.	FASE 1: DOCUMENTACIÓN Y ESTUDIO DE INVERNADEROS NACIONALES Y EXTRANJEROS.....	11
6.2.	FASE 2: CREACIÓN DE PROTOTIPO PARA CONTROL DE RIEGO.....	11
6.3.	ACTIVIDADES REALIZADAS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO .....	12
7.	RESULTADOS.....	16
7.1.	DOCUMENTACIÓN Y ESTUDIO DE INVERNADEROS NACIONALES Y EXTRANJEROS.....	16
7.2.	CREACIÓN DE PROTOTIPO PARA CONTROL DE RIEGO.....	16
7.3.	AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO DE INVERNADERO PARA CULTIVO DE VERDURAS Y HORTALIZAS.....	16
7.4.	ALCANCE DE OBJETIVOS .....	16
7.5.	EXPLICACIÓN TÉCNICA DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO.....	17
7.6.	SISTEMA DE RIEGO INSTALADO .....	20
7.7.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN .....	21
7.8.	DIAGRAMA DE BLOQUES .....	22
7.9.	APORTES DE LA ENA.....	23
7.10.	APORTES DE ESTUDIANTES.....	23
8.	CONCLUSIONES.....	25
8.1.	BENEFICIOS.....	25
9.	RECOMENDACIONES .....	26
10.	GLOSARIO.....	26
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
12.	ANEXOS.....	28
12.1.	DESCRIPCIÓN DE INVERNADERO .....	28

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Según el Foro Rural Mundial, en el planeta hay más de 3,000 millones de personas que viven en el campo. La mayor parte de esas mujeres y hombres, unos 2,500 millones, son agricultores. Más de 1,500 millones trabajan 404 millones de parcelas menores de dos hectáreas, la mayoría menores de una hectárea. En El Salvador el Censo Agropecuario 2008, registra 390,475 unidades productivas, de las cuales el 85.8% son menores a 3 hectáreas, pero estas, según el Ministerio de Agricultura de El Salvador, proveen más del 70% de la producción de granos básicos. Esto hace que estas unidades productivas se conviertan en parte importantes para la supervivencia y desarrollo de las zonas rurales y urbanas en El Salvador, ya que son las principales proveedoras de los alimentos básicos que se tiene en el país como es el maíz y frijol.

A pesar de esto, nuestro país cada año sufre problemas de desabastecimiento del mercado lo cual obliga al encarecimiento de los granos básicos y demás productos de consumo, tal es el caso que el país importa el 90% de las verduras, el 30% del frijol, 30% del maíz y el 70% del arroz para satisfacer el consumo interno.

El desconocimiento de la tecnología y la poca investigación en la parte de ingeniería aplicada a la agricultura, no ayudan a impulsar el sector agrícola salvadoreño, a crecer de forma sostenible y lograr aumentar la productividad y la rentabilidad de las cosechas. Además en nuestro país existe un desconocimiento por parte del sector agrícola de las zonas rurales, sobre sistemas de riego automatizado que les permitan obtener una mayor cosecha en menos tiempos y optimizar el uso del recurso agua y energía eléctrica.

Las empresas que distribuyen productos y materiales agrícolas en el país, se encargan de vender a los pequeños y medianos agricultores solamente los insumos para su producción, pero ninguna de ellas se encarga de realizar consultorías técnicas, con las cuales determinen las técnicas de riego que se deben de utilizar para cada tipo de cosecha y menos la implementación de invernaderos, que les permitan a los agricultores proteger sus cosechas de las inclemencias del clima y controlar las plagas.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Cada año nuestro país sufre problemas de desabastecimiento del mercado en lo que compete a granos básicos, verduras, hortalizas, frutas y demás; lo cual nos obliga a tener que importar el 90% de las verduras, el 30% del frijol, 30% del maíz y el 70% del arroz para satisfacer el consumo interno. Los mediados y pequeños agricultores que se dedican a la producción no logran abastecer el mercado nacional, mientras que el porcentaje restante produce solamente para el consumo y no para la venta. Nuestros agricultores desconocen de los sistemas automatizados de riego e invernaderos y no poseen los recursos económicos para invertir en ellos, debido al alto costo de estos. Al desarrollar un sistema de invernadero automatizado que utilice diferentes técnicas de riego, con tecnología nacional, se logrará bajar los costos de estos sistemas y facilitar el acceso por parte de los agricultores a estas tecnologías, que les permitirán aumentar la rentabilidad de sus cosechas y suplir las necesidades del mercado nacional.

---

La opción de elaborar sistemas de invernaderos con dimensiones menores, para ser utilizados en cultivos familiares o pequeños negocios. Con estos sistemas, perfectamente una casa o negocio puede obtener sus verduras legumbres o plantas aromáticas de estos pequeños invernaderos, con la confianza que son productos libres de químicos y pesticidas, asegurando a su familia o clientes alimentos totalmente orgánicos.

## **2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA**

Para el diseño de un invernadero Automatizado es necesario conocer los factores que rigen el buen funcionamiento del mismo por lo que se tiene que realizar una investigación con agrónomos y personal de automatización, para verificar el objetivo que se persigue con el cultivo del invernadero y determinar el tipo de cultivo.

El sistema de cultivo bajo invernadero automatizado proporciona un microclima adecuado para la producción de cultivos, en nuestro caso en particular el de las hortalizas, las ventajas del sistema de invernaderos es la de mayor productividad por m<sup>2</sup>.

La garantía de tener una producción de calidad, el control eficiente de plagas y enfermedades de cultivo, mayor control de los factores ambientales para producir fuera de época y el hecho de comercializar los cultivos en un mercado competitivo hacen de la automatización de invernaderos un proyecto innovador y romper el esquema mental en el agricultor que el uso de la tecnología la trae beneficios incorporando a este sector de la población para mejorar su calidad de vida.

En la actualidad RED FOX que se encuentra en la finca Las Mercedes, carretera a los naranjos en el departamento de Santa Ana, cuenta con dieciséis invernaderos automatizados de plantas ornamentales, del cual exportan a países como Canadá, EEUU y Europa comparte su experiencia de los beneficios en la producción utilizando la automatización.

## **2.3. JUSTIFICACIÓN**

El gobierno de El Salvador lanzó en 2011, el Plan de agricultura familiar para ayudar a salir de la pobreza a las familias más necesitadas de la zona rural. El plan cuenta con cuatro programas integrales, de los cuales el Plan de Agricultura Familiar para el encadenamiento productivo (PAF) tiene como uno de sus objetivos brindar asistencia técnica para la producción y venta. La estrategia hace énfasis en el desarrollo de diez cadenas productivas con potencial de generar riqueza y desarrollo familiar. Son las siguientes: granos básicos, miel, acuicultura, frutas, ganadería, hortalizas, café, cacao, artesanías y turismo rural comunitario.

Y entre sus estrategias busca: que los pequeños agricultores aumenten la rentabilidad de sus cosechas y a los negocios de comida obtener las verduras o plantas para su consumo.

---

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un sistema de fertirriego automatizado con características didácticas a un invernadero en el cual se cultiven verduras y hortalizas.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar técnicas de riego haciendo uso de equipos automatizados que controlen la frecuencia y la duración del riego.
- Diseñar un sistema de riego automatizado que pueda servir como equipo didáctico para la enseñanza de estudiantes y agricultores.

### 4. HIPÓTESIS

- Demostrar que la automatización de riego de invernadero, y el control sobre las variables que son indispensables para el cultivo de plantas, como la temperatura, humedad relativa y radiación solar genera un incremento en la producción de cultivos alimenticios y de excelente calidad.

### 5. MARCO TEÓRICO

#### 5.1. INVERNADEROS

El invernadero así como otros sistemas para la protección de cultivos, permite controlar los factores climáticos que intervienen en el desarrollo del cultivo. Un desarrollo óptimo y equilibrado de las plantas, depende de la forma en la cual factores como temperatura, humedad e iluminación inciden de forma favorable sobre ellos.

En términos generales, se le denomina invernadero a aquella construcción de cierta altura, de madera o metal, provista de una cubierta transparente a la luz solar, para que ingrese esta radiación y cumpla con los requerimientos de la fotosíntesis y del calor, que, a su vez, deje escapar la menor cantidad de energía, de modo que este balance positivo permita modificar el ambiente interno a fin de hacer posible el crecimiento y desarrollo de las plantas en su interior.

En ocasiones, los viveros están dotados con sistemas de calefacción que permiten un aporte adicional de calor en determinadas épocas del año, así como de otros elementos que permitan regular determinados del medio climático, como iluminación artificial suplementaria o sistemas de ventilación.

Las cubiertas utilizadas tienen, en cierto grado, permitir el paso de la luz e impedir la salida del calor, lo

---

cual se conoce como efecto invernadero. Durante el día, el efecto es evidente, sobre todo en días fríos. En la noche la temperatura interior tiende a descender a un valor cercano a la temperatura del exterior, brindando muy poca protección ante las heladas.



FIG. 2 INTERIOR DE INVERNADERO

El aumento de la temperatura durante el día, por acción del efecto invernadero, es lo que permite que se puedan cultivar diferentes plantas y vegetales en diferentes épocas del año.

Los tiempos de riego, la frecuencia de ellos, la temperatura, la cantidad de luz que ingresa al invernadero y otras condiciones más, pueden ser controladas hoy en día por medio de sistemas automatizados tales como Controladores programables, los cuales le permiten a los agricultores mejorar la productividad de sus cosechas al combinarlos con las técnicas correctas de riego y el manejo de fertilizantes.

## **5.2. LA AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADEROS EN EL SALVADOR.**

En El Salvador la producción de hortalizas como son el chile, el tomate y el pepino han enfrentado principalmente dos problemas, el cambio climático y la presión de plagas y enfermedades, que no permite al sector alcanzar el potencial de producción que se espera para cubrir los gastos de producción que conlleva el realizar un proyecto de esta clase.

Para dar solución a este y otros problemas a principios de los años 2000's el proyecto Fintrac-Zamorano introdujo a nuestro país una tecnología, que en países del primer mundo y con clima templado funcionaba para producir alimentos en esas condiciones de clima y que a través del mencionado proyecto se trató de tropicalizar a nuestras condiciones.

Con la implementación del primer FOMILENIO se popularizó el uso de invernaderos en la zona norte del país, pero estos invernaderos se construyeron sin ningún tipo de tecnología que les permita a los productores mejorar las condiciones de clima interno y hacer un uso eficiente del agua y fertilizantes.

La automatización de un invernadero en las condiciones de clima de nuestro país (altas temperaturas, baja humedad relativa y altas cantidades de radiación solar) es de vital importancia para el productor, debido a que le permite a la planta mantenerse en un ambiente favorable y de lo que es más importante de las frutas que estas producen.

---

En condiciones de invernadero “artesanal” como comúnmente se le denomina a las estructuras que no cuentan con tecnología, se obtienen rendimientos que se asemejan a campo abierto, se obtienen frutos de baja calidad para la comercialización y lo más importante, y que encierra los problemas antes mencionado, es que la planta sufre de un estrés provocado por una alta radiación solar y temperaturas y humedades relativas inadecuadas, lo que conlleva a cierre de estomas y la parálisis de la traslocación de elementos nutricionales que le permitan a la planta realizar todos los procesos metabólicos requeridos por estas para una óptima producción.

La automatización le permite al productor incidir sobre el clima que se genera dentro de la estructura, y hacer un uso eficiente del agua y los fertilizantes ya que a través de la utilización de sensores medidores de temperatura, humedad relativa y radiación solar se le permite a otros equipos como las cortinas plásticas laterales y de techo ventilar el exceso de calor o guardarlo según sea la necesidad dependiendo de la época el año en la que nos encontremos, a las mallas sombras bloquear el exceso de radiación solar que tan perjudicial es para la planta ya que provoca quemaduras en frutos y hojas de estas, lo que baja el rendimiento y calidad del producto final, a parte que ayuda a crear un ambiente relativamente agradable para el cultivo, en días parcial y completamente soleados, y a los sistemas de humidificación o de inyección de agua al ambiente mejorar la humedad relativa que apoya a la planta a crear un mejor microclima que se ve traducido en mayor cuaje de flores y en una mayor productividad y a los sistemas de fertirriego dosificar la cantidad de agua necesaria y fertilizante que la planta necesita para realizar los procesos metabólicos que requieren las mismas para una óptima producción de fruta.

El Plan de Agricultura Familiar (PAF) responde al compromiso del Gobierno, de fortalecer el sector agropecuario. El eje fundamental del PAF es la familia, contribuyendo al empoderamiento de las comunidades rurales y facilitando procesos que aporten a la gestión de su propio desarrollo integral.

El PAF se basa en experiencias ya existentes y validadas sobre el terreno. Por esta razón la Escuela Especializada en ingenierías a través de la Escuela de Sistema Dual, y bajo la dirección de Investigación y Proyección social tuvo a bien desarrollar este proyector y contribuir así con la mejora de la Seguridad Alimentaria y de las familias.

### 5.2.1. El Controlador Lógico Programable

Los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller) en sus siglas en inglés, son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial. Hoy en día, los PLC's no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID (Proporcional Integral y Derivativo). Su estructura básica son dos o más planos de puertas lógicas, normalmente AND y OR, que el programador debe conectar de forma adecuada para que hagan la función lógica requerida. Suelen programarse para aplicaciones de mayor capacidad son sustituidos por **controladores de mayor capacidad**. Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

---

### 5.2.2. La interfaz humana maquina

Una interfaz Hombre - Máquina o [HMI](#) ("Human Machine Interface") es el dispositivo que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software HMI o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVER's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

La combinación de tecnología de automatización con la adecuada selección del tipo de invernadero, el control de los nutrientes y el tipo de riego, permite al final poder obtener la mayor rentabilidad de la cosecha y mejorar la calidad de los productos. Es importante en los sistemas de invernaderos automatizados, poder tener un control directo sobre aspectos como la temperatura, la humedad relativa, la cantidad de radiación solar y la ventilación, es por eso que los sistemas automatizados son la solución más pertinente para este tipo de proyectos.

### 5.2.3. Sistema de Riego Automatizado

El sistema de riego automatizado permite optimizar el uso del agua en cultivos a través de sensores que miden la humedad y la temperatura en la zona radicular de las plantas. La ventaja de regar cuando se ha excedido una temperatura determinada o la detección o falta de humedad, permite que el cultivo no entre en estrés, con lo que se garantiza el mejor producto agrícola.

El invernadero está ubicado en las instalaciones de la ENA para poder funcionar como un centro de abastecimiento de verduras, además de centro de venta para los clientes de los restaurantes interesados en adquirir productos frescos y libres de pesticidas.

En el interior del invernadero se contará con dos zonas de cultivo. Se utiliza para cultivar verduras, las cuales pueden estar sembradas en macetas de forma individual y se aplica la técnica de riego por goteo. Al igual se puede sembrar hortalizas directamente sobre el suelo y se utilizará el riego por manguera y por aspersión.

Todo el sistema de control de riego es gobernado por un controlador, el cual se encarga de monitorear y controlar todos los dispositivos.



PARTE EXTERNA DE INVERNADEROS



UBICACIÓN DE INVERNADERO

## 6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación realizada es Experimental, documental.

La investigación se realizó inicialmente a nivel documental, se estudian las técnicas que se utilizan para cultivos, entre ellas, tipos de riego, control de nutrientes, tipos de cultivos, forma y construcción de los invernaderos. Luego de reunir toda la documentación y de haber realizado un estudio de los diferentes tipos de invernaderos y seleccionado el cultivo a realizar, se procederá con el montaje de un invernadero en las instalaciones de la ENA, en el cual se instalara un sistema automatizado que pueda controlar la frecuencia y la duración del riego, esto según los estudios realizados con anterioridad.

Se ha tenido colaboración de los agricultores de la Escuela de Fitotecnia de la ENA, los cuales nos han brindado asesoría técnica sobre la forma en la cual se debe dar mantenimiento y control a las condiciones dentro del invernadero. Se estudiarán los resultados obtenidos con este tipo de automatización para que al final se proceda a realizar un control de las condiciones ambientales dentro del invernadero, tales como la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar.

---

Para las zonas de nuestro país donde no hay energía eléctrica y el costo de realizar un proyecto de similares características se incrementa, el agricultor quedaría obligado a pagar una aportación mensual por consumo de energía eléctrica, el cual varía según los precios del mercado eléctrico y los combustibles; se planea hacer uso de medio de generación de energía alternativa, como es el caso de la generación de energía solar. Este tipo de energía puede contribuir a los agricultores a desarrollar proyectos de invernaderos en lugares retirados, sin necesidad de realizar proyectos de electrificación.

### **6.1. FASE 1: DOCUMENTACIÓN Y ESTUDIO DE INVERNADEROS NACIONALES Y EXTRANJEROS**

- Estudio sobre tipos y fabricación de invernaderos.
- Estudio sobre tipos de cultivos.
- Estudio sobre sistemas de riego.
- Estudio sobre automatización de invernaderos.
- Visitas técnicas a ENA para capacitación sobre invernaderos.
- Estudio de invernaderos instalados en el país.
- Diseño preliminar de invernadero, indicando dimensiones, forma de construcción, tipo de suelo y cultivo a implementar.
- Elaborar planos de invernadero con sus especificaciones.

### **6.2. FASE 2: CREACIÓN DE PROTOTIPO PARA CONTROL DE RIEGO.**

- Montaje de estructura de invernadero.
- Preparación del suelo para la siembra.
- Montaje de sistema de riego y depósitos.
- Montaje de sistema eléctrico y de control para el invernadero.
- Prueba de sistema de riego.
- Programación de controlador y sistema automatizado.
- Implementación de sistema de automatización para invernadero, controlando la frecuencia y la duración del riego.
- Monitoreo del desarrollo de las plantas, tomando en cuenta la rentabilidad que se obtiene del sistema y la comparación entre forma tradicional.

### 6.3. ACTIVIDADES REALIZADAS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO

1) Selección de invernadero

Debido a los acontecimientos sucedidos, robo y daños a invernaderos se nos asignó el invernadero # 3 Tipo diente de sierra para desarrollar el trabajo de Investigación



Invernadero tipo diente de sierra

2) Construcción de fundación para loza de concreto de 4m x 4m y 0.4m de profundidad



3) Desalojo de tierra para fundación 0.4m de profundidad



4) compactación de la base para loza

5) Colocación de piedra



6) Montaje de Techo para cubrir su tableros



7) Nivelación de techo





8) Colocación de agregados (Arena y Cemento para elaboración de loza de concreto )

9) Elaboración de loza de concreto y colocación de soportes para tablero



10) Colocación de tanque de 3000lts

11) Conexión de tubería tanque y bomba (ENA)



12) Montaje de tableros y gabinetes electrónicos



13) conexión de Electroválvulas



14) Colocación de malla y puerta



---

## 7. RESULTADOS

### 7.1. DOCUMENTACIÓN Y ESTUDIO DE INVERNADEROS NACIONALES Y EXTRANJEROS.

Se realizó visita técnica a los invernaderos de RED FOX en los cuales se observó el nivel de automatización y el cultivo de plantas ornamentales, así también los tipos de invernaderos nacionales y extranjeros entre ellos Bermaco, Richel, diente de sierra y tipo túnel. También se observó las medidas de seguridad en el control de plagas a la hora de realizar el acceso al interior de cada uno de los invernaderos.

En esta fase, se estudió el invernadero tipo diente de Sierra que fue donado por la cooperación japonesa.

Cabe destacar el tipo Túnel no soporto las tormentas del año pasado 2014 y se estructura sufrió daños considerables, por lo que tuvimos que cambiar de invernadero, Al no soportar las condiciones climáticas y sufrir daños en su totalidad, así como el control desmedido de maleza, tuvimos que optar por otro invernadero dentro de las instalaciones de la ENA por lo que está actualmente es desuso.

### 7.2. CREACIÓN DE PROTOTIPO PARA CONTROL DE RIEGO.

Se ha desarrollado un sistema controlado por PLC y Visualizado con una pantalla HMI en el cual se observa las variables de accionamiento por medio de electroválvulas. El sistema funciona manual y automático lo que permite realizar maniobras en el cultivo. Este sistema es versátil ya que permite modificar o preestablecer las condiciones de riego del cultivo. Además de ser un sistema para un invernadero se presenta con un entrenador para el área de control de procesos industriales ya que controla equipos de automatización y sensores lo que lo hace aún más interesante el diseño de automatización.

### 7.3. AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO DE INVERNADERO PARA CULTIVO DE VERDURAS Y HORTALIZAS.

- Elaborar losa de concreto
- Montaje de galera metálica (Techo)
- Colocar los sensores de radiación solar y temperatura.
- Instalar la bomba de sistema de fertirriego y el tanque de captación de agua.
- Colocar el gabinete Eléctrico.
- Realizar ajustes y pruebas junto con los agrónomos para determinar los intervalos y horas de riego.

### 7.4. ALCANCE DE OBJETIVOS

Se diseñó un sistema innovador de control y riego para un invernadero. Este Invernadero tiene las características principales de controlar la cantidad de riego y duración de los mismos Así como también preparar el sistema para el control de variables de temperatura, humedad. Se fortalece la parte de seguridad alimentaria volviendo productiva y eficiente la productividad de alimento.

---

El sistema diseñado puede ser utilizado para los módulos de control de procesos industriales, prueba y localización de fallas y averías; en las cuales se aplican las técnicas de mantenimiento y la aplicación de sistemas de control de lazo abierto y cerrado. Cuenta con un tablero eléctrico en el cual un PLC controla relés y por medio de una pantalla HMI que se utiliza para monitoreo se visualiza la activación de electroválvulas para la apertura y cierre de fertirriego ya sea de forma manual o automática, las cuales serán accionadas a ciertas horas por medio de un programa previamente almacenado en la CPU del controlador (PLC) y de acuerdo a las condiciones previas se controlara el riego de plantas dentro del invernadero.

De acuerdo a parámetros previamente establecidos en la CPU del controlador permite llevar los nutrientes necesarios a los cultivos para desarrollar un cultivo de calidad.

Se han realizado reuniones entre docentes de la Escuela de Mecatrónica y Docentes de la Escuela de fitotecnia, los cuales gentilmente han compartido conocimientos sobre invernaderos. La transferencia se debe a que el Personal de la ENA de la Escuela de Fitotecnia esta consiente que la incorporación de la tecnología a la agricultura, están de la mano con avances tecnológicos en la producción de alimentos y la seguridad alimentaria.

Los Alumnos del grupo MTN 22 se han mostrado con mucho entusiasmo, dinamismo y colaboración en la ejecución del proyecto de investigación de la ENA. Este involucramiento es debido a que los estudiantes están consistentes de las dificultades que tienen los agricultores pequeños de nuestro país en la producción eficiente de alimentos.

Cuando el sistema se encuentre operando se realizaran las pruebas pertinentes para poner a operar el sistema de riego controlando la cantidad de riego y las condiciones ambientales temperatura, humedad y radiación solar. Esta técnica de automatización permitirá llevar la cantidad de nutrientes necesarios que hagan un cultivo eficiente.

## **7.5. EXPLICACIÓN TÉCNICA DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO.**

La instalación del invernadero automatizado, consiste en el desarrollo de un sistema de riego automatizado, enlazado con la instalación hidráulica de mezcla de sistema de fertirriego, lo que incluye alimentación hidráulica de agua para el llenado del tanque (Deposito donde se prepara la mezcla de fertirriego), así como las tuberías de distribución y mangueras de goteo para cada cama de cultivo.

Una vez instalado el sistema de automatización la puesta en operación del sistema se describe:

### **a) Puesta en marcha del sistema.**

Para iniciar la operación del sistema se requiere accionar las protecciones termo magnéticas colocadas en el interior del gabinete eléctrico en la parte superior izquierda. El sistema se alimenta con una tensión de 220V.



FIG. INTERIOR DE PANEL

Existen cinco indicadores luminosos (Led) color verde, los cuales encenderá de manera permanente, localizado en la parte frontal del gabinete eléctrico indicando el accionamiento digital (encendido y apagado) de cada electro válvulas se encuentran energizadas o activadas.

El accionamiento de la bomba Eléctrica, la cual es la que provee la mezcla de fertirriego al cultivo, posee dos indicadores luminosos (Led) color verde, y (Led) color rojo; los cuales encenderá de manera permanente, localizado en la parte frontal del gabinete eléctrico ubicados debajo de la pantalla táctil el color verde indica que el contactor que controla la bomba ha sido activada y el color rojo indica que se encuentra desactivada.

#### b) Riegos

El sistema es capaz de realizar riegos en una variedad de posibilidades. Desde riegos automáticos (programados en el controlador PLC ) y riegos manuales. De acuerdo a los horarios preestablecidos por el agricultor, generalmente se realizan cuatro riegos de manera manual al día en los siguientes horarios

Riego	Horario
Primer riego	8:30 am
Segundo Riego	10:30 am
Tercer Riego	1:30 am
Cuarto Riego	2:30 pm

---

**c) Riegos programados**

La programación del PLC hace posible establecer la duración y cantidad de riegos definida por las condiciones del suelo, temperatura o estado del cultivo. Esta condición puede ser sometida a consideración del agrónomo encargado o el tipo de cultivo. Por ejemplo, si se requiere se puede programar un riego a las 8 de la mañana con una duración de 20 minutos y otro riego por la tarde de igual duración. Esta función es opcional debido a que el sistema es capaz de realizar el riego cuando se requiere a partir de valores establecidos de temperatura, humedad y radiación solar.

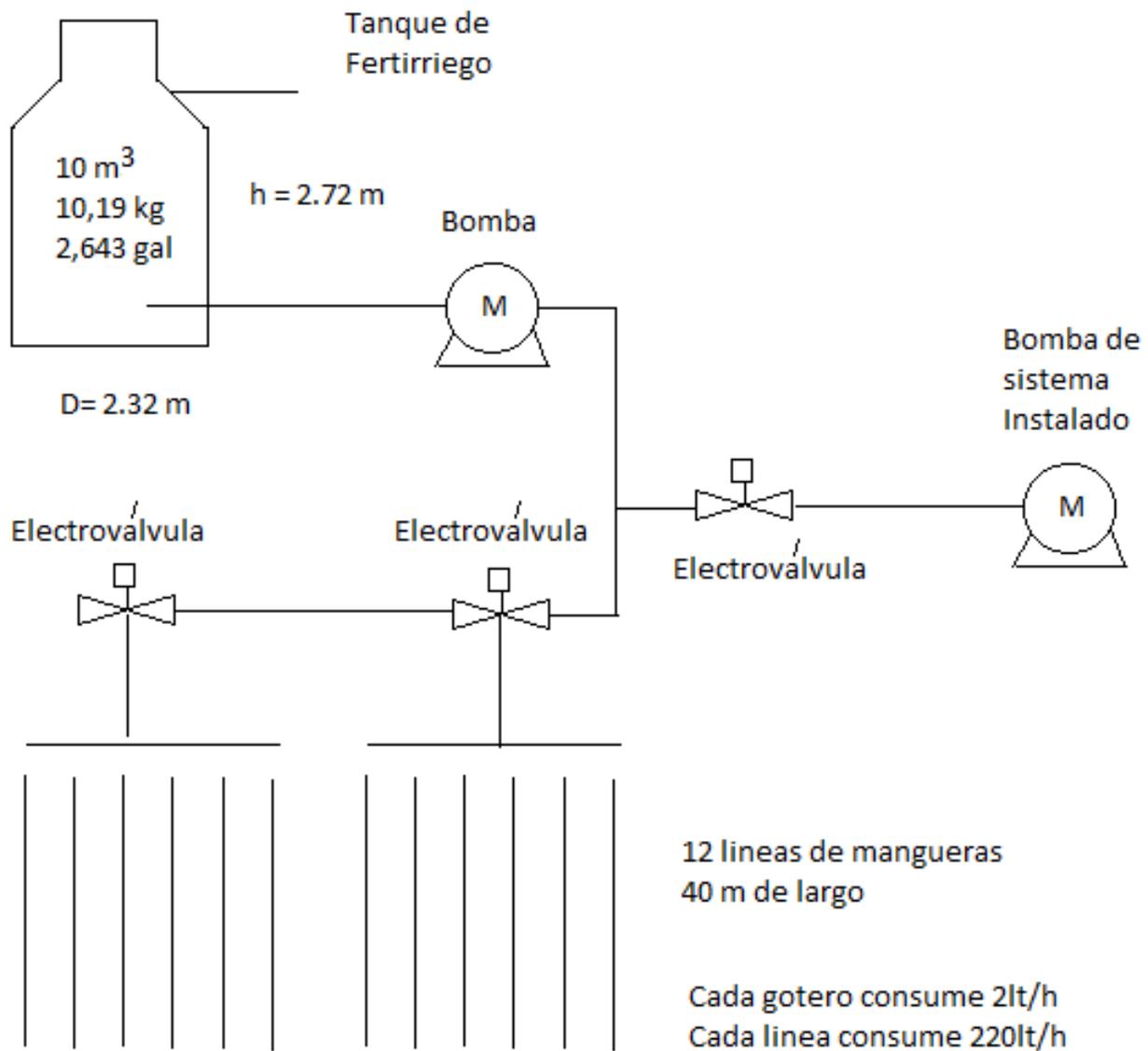
**d) Riego manual**

Si se desea, ya sea para aplicar un producto al cultivo, o realizar un riego fuera de lo programado es posible ordenar un riego inmediato a través de la opción: **Botón de riego manual**. A través del selector de riego manual es posible realizar riegos de refresco, cuya duración es indefinida controlado desde el PLC. Para regar solo se debe accionar el tiempo deseado el selector que acciona la electroválvula después de haber realizado el cambio entre el sector de la opción automático a manual. La duración típica para este tipo de riego es de 5 minutos.

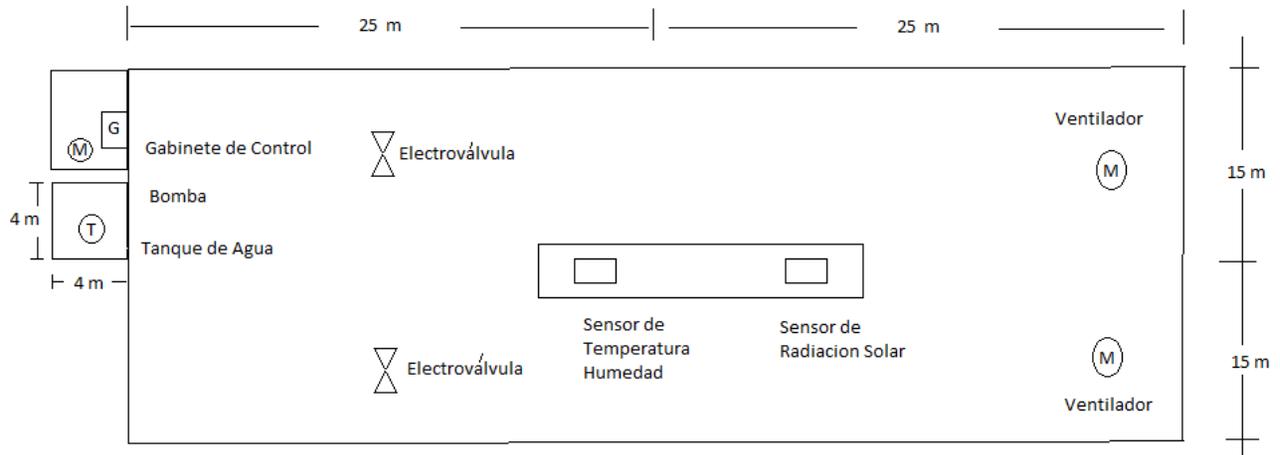
**e) Riegos automáticos**

De las principales virtudes de este sistema es la posibilidad de regar cuando se requiera. Está diseñado para monitorear de forma continua parámetros del cultivo como son: temperatura, humedad y radiación solar, por lo que se determina cuando es el mejor momento de regar. Si la temperatura registrada en el sensor sobrepasa el umbral establecido en el PLC, un riego de refresco se realizará. El comportamiento esperado es que se mantenga fresco el cultivo, este tipo de riego se realizará las veces que sea necesario hasta llevar el campo a un estado de confort. De la misma manera en el caso de la humedad, si esta se encuentra por debajo del umbral establecido en el PLC se realizarán riegos de refresco hasta llevar el cultivo a un estado deseado. Debido a que después de realizar un riego existe un tiempo de retardo en lo que el agua llega a la zona de, el sistema considera esta condición y realizar un riego automático cada tiempo preestablecido o si las condiciones ambientales indican.

## 7.6. SISTEMA DE RIEGO INSTALADO

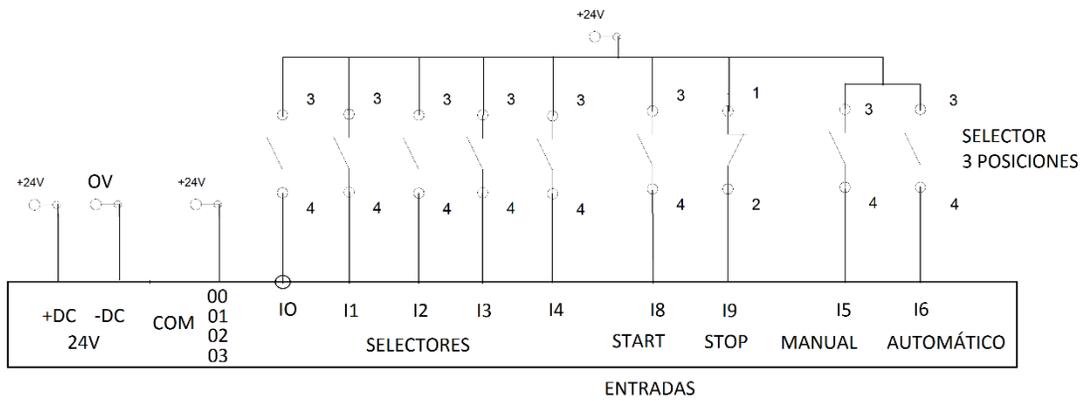


DISTRIBUCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS Y TANQUES

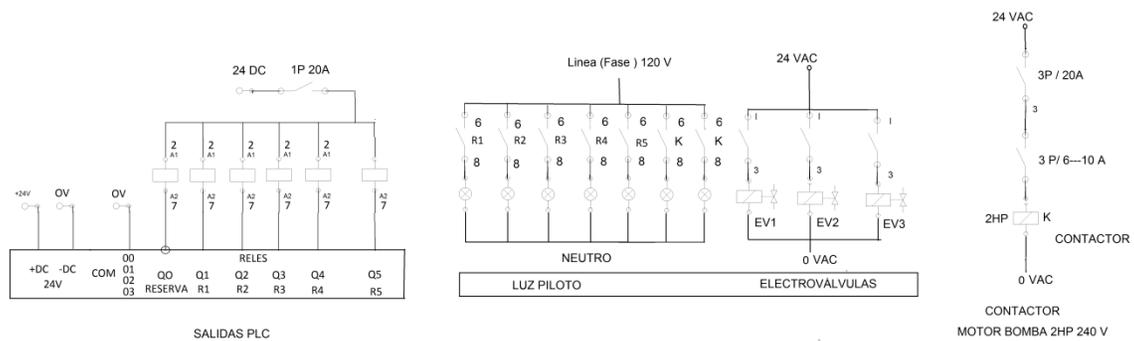


DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE INVERNADEROS

### 7.7. DIAGRAMA DE CONEXIÓN



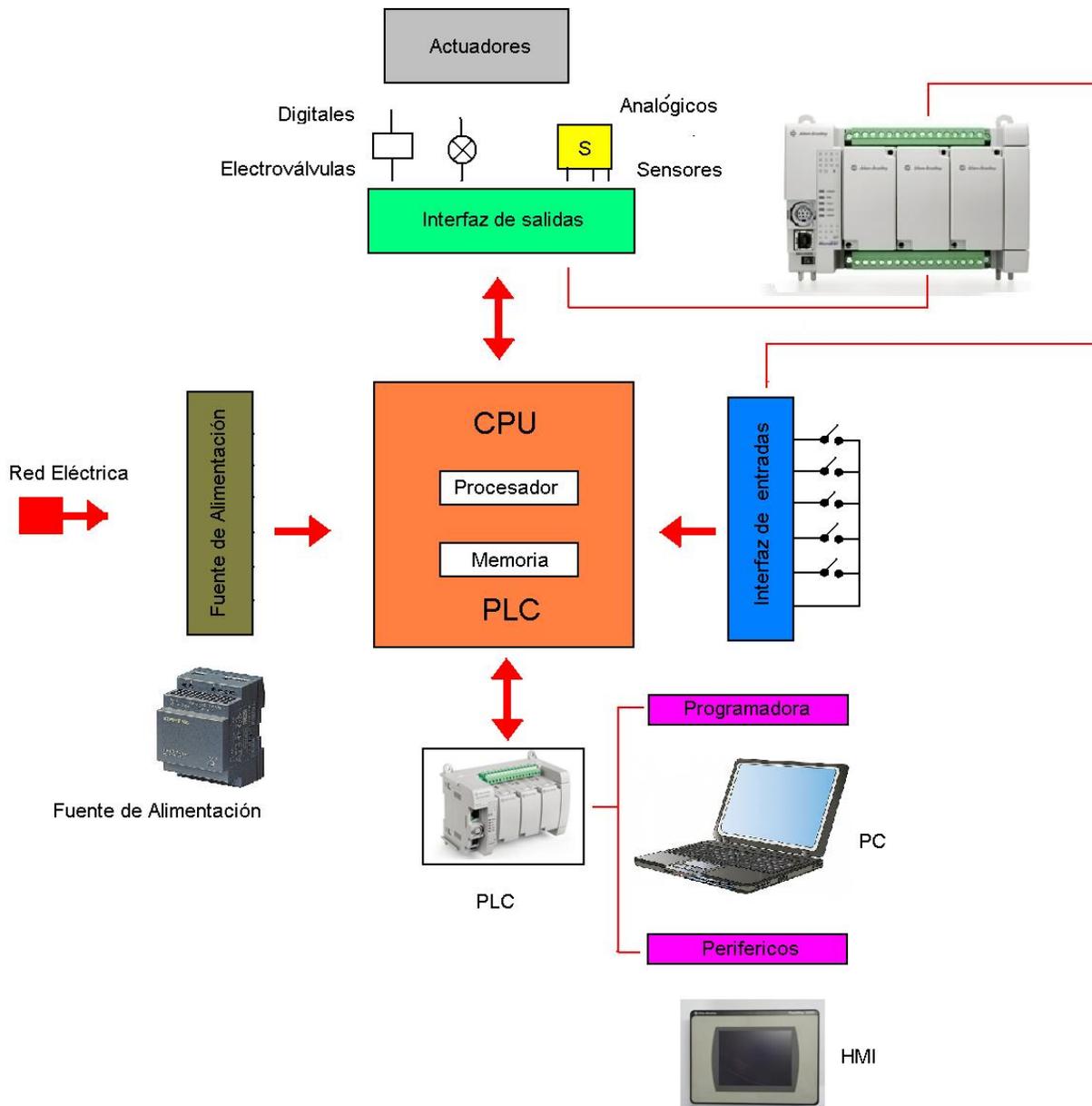
CONEXIÓN DE ENTRADAS A PLC



CONEXIÓN DE SALIDAS A PLC

Nota: Las salidas incluye la conexión de EV1 y EV2 que son las electroválvulas.

## 7.8. DIAGRAMA DE BLOQUES



---

## **7.9. APORTES DE LA ENA**

El aporte de la ENA Escuela Nacional de agricultura y de la Escuela de Fitotecnia se detalla por actividad a continuación:

### **Asignación de invernadero y agrónomo para desarrollo de proyecto de investigación**

Poner a disposición las instalaciones del Área de Fitotecnia y asignando el Invernadero # 3 y la colaboración de Agrónomo Rafael Palma

### **Acometida Eléctrica**

Facilitar el punto de suministro de Energía Eléctrica

### **Construcción de losa de concreto hidráulico**

Asignación de materiales de construcción (Arena, grava y cemento)

### **Curado de losa**

Asignación de personal para aplicación de agua para evitar agrietamiento y fisura.

### **Caseta Eléctrica**

Facilitar materiales y mano de obra para construcción de techo para protección de equipos

## **7.10. APORTES DE ESTUDIANTES**

El aporte de los Estudiantes de la carrera de Técnico en Ingeniería Mecatrónica se detalla por actividad y en horas hombre.

- Luis Roberto Tobar Villafuerte
- Erick Moisés Ramos Henríquez
- Sergio Ulises Armas Hernández
- José Alejandro Flamenco Montano
- Nelson Alexander Flores
- Oscar Wilfredo Méndez Juárez
- Mauricio Alfredo Portillo
- Bryan Edgardo Pineda
- Yoni Alexander Rivera
- Luis Ernesto Molina
- Douglas Ernesto Zelidon
- Miguel Alejandro Lopez
- Tomas Enrique Vilanova

<b>Actividad</b>	<b>Aporte de estudiante</b>	<b>Horas hombre</b>
Montaje de poste galvanizado	La excavación, desalojo y preparación de concreto hidráulico para la elaboración de bases del poste. Según normativa vigente.	8 horas
Elaboración de Tendido secundario	Montaje de sistema trifilar 240V / 120 V	8 horas
Preparación del suelo para la cimentación de losa.	La excavación y desalojo de una capa orgánica de 0.40 m en un área de 4 x 4 m o 6.4 m <sup>3</sup>	8 horas
Colocación de Agregados grueso	Colocación de roca de sitio nivelada como base de losa.	8 horas
Colocación de pasta de cemento sobre lecho rocoso	A la capa nivelada se le agregó mortero	8 horas
Hechura de molde con ladrillos	Se colocó ladrillo en el perímetro de la losa para evitar segregación y pérdida de la mezcla.	8 horas
Colocación distribución de tubería metálica y soporte para gabinete y cajas térmicas	Se colocó la tubería metálica de acuerdo a diseño y la estructura soporte para gabinete eléctrico	8 horas
Elaboración de concreto para losa	Se elaboró concreto con proporción 2:2:1 y posteriormente fue vertida la mezcla en la base y se finalizó la losa dando un acabado.	8 horas
Conexión de acometida eléctrica	Se realizó la conexión de los caja térmica desde la acometida hacia el tablero	8 horas
Montaje de sistema eléctrico y de control en gabinete para el invernadero.	Montaje de componentes eléctricos y programación de PLC	8 horas
Programación de controlador y sistema automatizado	Pruebas de sistema de riego manual automático	8 horas
Total de aporte		88 horas

---

## 8. CONCLUSIONES

- El sistema de riego automatizado ad-hoc puede ser replicado con componentes accesibles en mercado local e implementado por agricultores.
- Los especialistas agrícolas de la ENA consideran que el prototipo instalado generará mejor producción y rentabilidad para el cultivo de vegetales de buena calidad.
- En razón que el sistema de riego del invernadero es autónomo, el agricultor puede dedicarse a otras labores productivas.
- Se logró la transferencia de conocimiento entre personal técnico, docentes y estudiantes en las áreas agrícola y tecnológica entre ambas instituciones.
- Se concretó un proyecto en el marco del convenio entre la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE y la Escuela Nacional de Agricultura ENA. El sistema diseñado será utilizado como equipo didáctico para la enseñanza. Los estudiantes de la ENA, así como los agricultores de la zona, aprenderán sobre técnicas de cultivo en invernaderos con sistemas de riego automatizado. Los estudiantes de Mecatrónica de ITCA-FEPADE utilizarán este invernadero para prácticas en los módulos que conlleven control de procesos industriales, prueba y localización de fallas y averías, en los cuales se estudian las técnicas de mantenimiento y se aplican sistemas de control de lazo abierto y cerrado

### 8.1. BENEFICIOS

- Ahorro de mano de obra
- Incremento de calidad de producción
- Automatización de la dosis de fertilizante
- Automatización de irrigación. De acuerdo a rangos de tiempo y días previamente establecidos.

#### Usos potenciales

- Manejo eficiente de los cultivos
- Sistema didáctico de riego

#### Ventajas

- Aprovechamiento del recurso hídrico
- Certeza del 100% de la aplicación de la fórmula de fertirriego.
- Integrar el monitoreo de variables al sistema implementado

---

## 9. RECOMENDACIONES

- En la implementación de invernaderos automatizados se debe tomar en cuenta el entorno para un diseño pertinente de acuerdo a normativa, observando que cuente con elementos como: drenaje adecuado para evitar posibles captaciones de agua y permitir que corra con facilidad, Materiales de la estructura acordes a su uso, ya que ello puede tener repercusiones en el desarrollo del proyecto.

## 10. GLOSARIO

- Sistema de riego:  
Se denomina sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas.
- Invernadero:  
Un invernadero (o invernáculo) es un lugar cerrado, estático y accesible a pie, que se destina a la producción de cultivos, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico, que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas.
- Automatización:  
Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.
- Cultivo:  
Es la acción y resultado de cultivar plantas para que fructifiquen.
- Fertilizante:  
Un fertilizante es un tipo de sustancia o denominados nutrientes, en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo.
- Regadío:  
Consiste en el suministro de importantes cantidades de agua a los cultivos a través de diversos métodos artificiales de riego.
- Control ambiental:  
El control ambiental está basado en manejar de forma adecuada todos aquellos sistemas instalados en el invernadero: sistema de calefacción, la ventilación y el suministro de fertilización carbónica, para mantener los niveles adecuados de la radiación, temperatura, humedad relativa y nivel de CO<sub>2</sub>, y así conseguir la mejor respuesta del cultivo y por tanto, mejoras en el rendimiento, precocidad, calidad del producto y calidad del cultivo.

---

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTALACIÓN de un invernadero: cultivos protegidos bajo invernaderos [en línea]. Jacaltenango, Guatemala, 2009 [fecha de consulta 24 junio 2014]

Disponible en: <http://www.actiweb.es/artiplast/archivo2.pdf>

MARTIN Manzano, María del Mar. LA FAO y la agricultura familiar: el caso de El Salvador [en línea]. San Salvador, El Salvador: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO), 2012. [fecha de consulta: 259 julio 2014].

Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as175s/as175s.pdf>

RAMÍREZ Cruz, Fátima Carolina, PORTILLO Lemus, Sandra Yolanda y PACHECO Reyes, Gabriela Natalí. Análisis estructural del sector agropecuario en El Salvador: evolución e implicaciones en la seguridad alimentaria del sector rural. Tesis (para optar al grado de licenciado (a) en economía). Antiguo Cuscatlán, El Salvador: Universidad Centroamericana “José Simeón cañas”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, 2011 180 p.

SISTEMAS de riego utilizados en El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego [en línea]. Soyapango, El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego 2012 [fecha de consulta: 2 de Julio 2014].

Disponible en: <http://www.mag.gob.sv/index.php>

## 12. ANEXOS

### 12.1. DESCRIPCIÓN DE INVERNADERO

#### Invernadero tipo diente de sierra.

El tipo de invernadero Diente de Sierra, combina una óptima ventilación con una fuerza especial para soportar diferentes cargas. La ventilación del techo solo proporciona 25% de la ventilación total del área cubierta, además de la ventilación lateral. La forma de los arcos permite la transmisión de luz excelente.

Se trata de una estructura de hierro galvanizado, sistema ventury de re-circulación del aire con una cubierta de raffia plastificada. Puede ser ensamblada en condiciones de terreno poco óptimas (no requiere nivelación) tolera un 10-15% de pendiente. Es resistente a los vientos de 130 kilómetros por hora y desmontable ante cualquier eventualidad.

Su gran ventilación permite sembrar durante todo el año, sin necesidad de equipos adicionales ni gasto energético para su funcionamiento. Una de las características del invernadero es su altura, que permite obtener un cultivo vertical de mayor aprovechamiento.

El sistema de elementos que constituyen la estructura están debidamente galvanizados al caliente zenit-semir 275 con tornillería bicromada, permitiendo su durabilidad y resistencia al efecto de sales utilizadas en el cultivo. Su diseño estructural permite soportar una carga del 25 kg por metro cuadrado distribuido en la estructura sin afectar sus características estructurales.

<b>Invernadero tipo diente de sierra</b>	
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fácil de montar, tapar y mantener</li><li>• Aberturas de techo altas para mejor ventilación natural</li><li>• Liberación óptima del calor y de la humedad</li><li>• Estructura apta para climas cálidos</li></ul>
<b>Especificaciones técnicas de invernadero</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Columnas básicas - 3 "de diámetro - cada 4 metros</li><li>• Arcos - 2 "de diámetro cada 4 metros</li><li>• Cortinas enrollables en las aperturas laterales y cenitales</li><li>• Este tipo es adecuado para cubiertas de polietileno solamente</li></ul>
<b>Datos técnicos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ancho de Gable - 6,4 m</li><li>• Altura del canalón - 4, 4,5 o 5 m</li><li>• Apertura de Techo Vent - hasta 1,60 m</li><li>• Balcón en Gutter delantero</li><li>• Distancia entre columnas - 4 m</li><li>• Carga - hasta 25 Kg / m<sup>2</sup></li><li>• Soporte de viento - 122-147 Km / h</li><li>• Todas las piezas son de acero galvanizado.</li></ul>



INVERNADEROS AUTOMATIZADOS DE RED FOX.





## **VISIÓN**

*Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.*

## **MISIÓN**

*Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.*

## **VALORES**

**EXCELENCIA:** *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

**INTEGRIDAD:** *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

**ESPIRITUALIDAD:** *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

**COOPERACIÓN:** *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

**COMUNICACIÓN:** *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*

# SEDES ITCA - FEPADE EL SALVADOR

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA - FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.



## SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 Carretera a Santa Tecla, La Libertad.  
Tel. (503) 2132-7400  
Fax. (503) 2132-7599



## CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur,  
Finca Procavia  
Tels. (503) 2440-4348  
y (503) 2440-2007  
Tel./Fax. (503) 2440-3183



## CENTRO REGIONAL MEGATEC ZACATECOLUCA

Km. 64 1/2, desvío Hacienda El Nilo, sobre autopista a Zacatecoluca y Usulután.  
Tels. (503) 2334-0763  
y (503) 2334-0768



## CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140, Carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tels. (503) 2669-2292  
y (503) 2669-2298  
Fax. (503) 2669-0061



## CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN

Calle Santa María, Col. Belén,  
atrás del Instituto Nacional  
de La Unión.  
Tel. (503) 2668-4700

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

Escuela Especializada  
en Ingeniería

**ITCA**  **FEPADE**