



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA
E INDUSTRIAL

**Propuesta de un huerto familiar automatizado
para la siembra de jitomate hidropónico, en Iztapalapa**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

PRESENTA:

JOSUE MISAEL VILLEGAS GARCIA



Director de tesis: M. en I. Jesús Vicente González Sosa

2011

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Jesús Manuel Dorador González.

Vocal: M. en I. Jesús Vicente González Sosa.

Secretario: M. en I. Héctor Raúl Mejía Ramírez.

1er. Suplente: M. en I. Billy Arturo Flores Medero Navarro.

2do. Suplente: M. en E. Rosalba Rodríguez Chávez.

Dedicatoria

Principalmente, dedico este trabajo a Pedro Villegas y Balbina García mis padres, gracias a su apoyo y sus sacrificios, logré terminar de manera satisfactoria mis estudios. Gracias Dios por haberme permitido nacer en un hogar donde me han dado tanto amor.

También dedico la tesis, a todas aquellas personas que marcaron mi vida, que están en este plano terrenal y a todas aquellas que ya han partido, porque me han enseñado a ser mejor ser humano, todos ustedes hicieron posible este sueño.

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a mi asesor, M. en I. Jesús Vicente González Sosa, su ayuda fue indispensable, para la realización y conclusión de este trabajo, gracias por su compromiso y dedicación.

Así mismo, agradezco a mis sinodales: Dr. Jesús Manuel Dorador González, M. en I. Billy A. Flores Medero Navarro, M. en I. Héctor Raúl Mejía Ramírez y M. en E. Rosalba Rodríguez Chávez. Por sus comentarios y críticas hacia esta tesis, gracias por su valioso tiempo.

Finalmente, agradezco al señor Manuel, ya que gracias a él, esta tesis pasó de ser una propuesta a un proyecto implantado en la colonia donde habito.

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Tabla de contenido.....	5
Índice de tablas.....	7
Índice de figuras.....	8
Introducción.....	9
Capítulo 1: Marco teórico.....	10
1.1 Orígenes.....	11
1.2 Producción y consumo del jitomate.....	12
1.3 Hidroponía.....	14
1.3.1 Origen de la hidroponía.....	14
1.3.2 Ventajas del cultivo hidropónico.....	14
1.3.3 Solución nutritiva.....	15
1.3.4 Sistemas hidropónicos.....	16
1.3.5 Sustrato.....	16
1.4 El cultivo del jitomate en hidroponía.....	18
1.4.1 Siembra y almácigo.....	18
1.4.2 Crecimiento vegetativo.....	19
1.4.3 Floración.....	21
1.4.4 Fructificación.....	21
Capítulo 2: Planteamiento y análisis del problema.....	23
2.1 Planteamiento del problema.....	24
2.2 Obtención de información.....	25
2.3 Cultivo en el Distrito Federal.....	26
2.4 Análisis FODA del proyecto.....	27
2.5 Análisis del problema.....	29

Capítulo 3: Propuesta en la integración y diseño del sistema automatizado del huerto	31
3.1 Estructura del huerto	32
3.2 Cubierta del huerto	34
3.3 Ventilación	35
3.4 Calefacción	37
3.5 Riego	38
3.6 Medición de temperatura y humedad	41
3.7 Microcontrolador PIC	44
 Capítulo 4: Análisis eléctrico y costo del proyecto	 45
4.1 Sistema eléctrico	46
4.2 Pastilla termo magnética	47
4.3 Cable de alimentación	48
4.4 Etapa de potencia del control del huerto	50
4.5 Presupuesto y volumen de obra	52
 Conclusiones	 55
 Anexo A	 56
Anexo B	57
Anexo C	60
Anexo D	62
 Bibliografía	 64
Citas	65

Índice de tablas

Tabla 1.1	Producción de jitomate en México.....	13
Tabla 2.1	Ramas de la ingeniería involucradas en un problema mecatrónico	24
Tabla 2.2	Análisis FODA cultivo de jitomate en invernadero	28
Tabla 2.3	Selección de técnicas, materiales y métodos para la construcción del huerto	30
Tabla 3.1	Ventajas de los invernaderos tipo dos aguas.....	33
Tabla 3.2	Componentes de la estructura del huerto	33
Tabla 3.3	Características del plástico para invernadero	34
Tabla 3.4	Características de la malla anti áfidos.....	35
Tabla 3.5	Características técnicas del ventilador	36
Tabla 3.6	Características de la bomba sumergible	38
Tabla 3.7	Características de la cinta de riego	40
Tabla 3.8	Características del aspersor.....	40
Tabla 3.9	Relación lineal entre voltaje y humedad relativa	43
Tabla 3.10	Programa de control del Microcontrolador	44
Tabla 4.1	Potencia total consumida por el huerto	47
Tabla 4.2	Corrientes de operación de los dispositivos utilizados en el huerto.....	51
Tabla 4.3	Materiales ocupados en la realización del huerto	53
Tabla 4.4	Presupuesto total.....	53
Tabla 4.5	Gastos realizados en un año, en el cultivo de jitomate	54
Tabla 4.6	Gasto e ingreso total, en la implementación del proyecto durante 5 años.	54

Índice de figuras

Figura 1.1	Volumen de producción de tomate 2009.....	12
Figura 1.2	Principales estados productores 2009	13
Figura 1.3	Germinación de plantas de jitomate	18
Figura 1.4	Plantas de jitomate listas para el trasplante	19
Figura 1.5	Plantas de jitomate trasplantadas	20
Figura 1.6	Sistema de tutoreo para el cultivo de jitomate.....	20
Figura 1.7	Floración de planta de jitomate variedad bola.....	21
Figura 1.8	Fructificación de planta de jitomate variedad bola	22
Figura 3.1	Estructura del huerto	32
Figura 3.2	Dimensiones rollo de plástico para invernadero.....	34
Figura 3.3	Dimensiones rollo de malla anti áfidos	35
Figura 3.4	Ventilador extractor.....	36
Figura 3.5	Resistencia 110 Vca, 1000 W.....	37
Figura 3.6	Bomba sumergible de 2000 L/H.....	38
Figura 3.7	Recorrido del agua según su uso en el sistema de riego	39
Figura 3.8	Medición voltaje de salida, proporcional a la temperatura	42
Figura 4.1	Pastilla o interruptor termo magnético.....	46
Figura 4.2	Etapa de potencia (MOC, TRIAC).....	46
Figura 4.3	MOC3010, opto acoplador entre etapa de control y etapa de potencia.....	50
Figura 4.4	TRIAC, interruptor capaz de conmutar la corriente alterna.....	50

Introducción

Como futuro ingeniero egresado de nuestra máxima casa de estudios, además de poseer una sólida base de conocimientos, se me ha inculcado una responsabilidad social hacia este gran y hermoso país que es México. Es así que se desea proponer una opción para poder combatir uno de los grandes males que aqueja a nuestra sociedad, como es el caso de la falta de alimento en la mayor parte del territorio nacional, y en menor medida contribuir con la mejora del medio ambiente, en zonas urbanas como es el caso de la delegación Iztapalapa, lugar donde se planea realizar de manera práctica la implementación del proyecto.

El objetivo de este trabajo es realizar una propuesta para la automatización de un huerto familiar de jitomate hidropónico, mediante la técnica de sustrato sólido, que permita establecer una inversión mínima para controlar su mantenimiento y desempeño ingenieril.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera:

Capítulo 1 denominado marco teórico, el cual pretende dar una breve descripción sobre los aspectos más importantes acerca del jitomate y del cultivo hidropónico.

En el capítulo 2 se realiza un planteamiento y un análisis del problema que se desea tratar, así como una evaluación para la construcción del proyecto, dando a conocer los elementos y métodos que harían posible tal acción.

Posteriormente, en el capítulo 3 se da a conocer la solución integradora del proyecto, la cual es una aplicación de varias ramas de la ingeniería como lo son la mecánica, la eléctrica, la electrónica y la de computación. En dicha propuesta están contenidos los elementos tecnológicos aplicables así como los parámetros para el correcto control de la temperatura, humedad y riego del sistema.

Continuando con el capítulo 4, el cual se consagra a los elementos que suministran la energía eléctrica para que el huerto pueda funcionar de manera correcta, se describe de manera detallada el cálculo de su capacidad nominal de trabajo. Por otra parte, al final de este capítulo se hace mención de los gastos que se obtendrían en la implementación del proyecto, así como una breve descripción de los tiempos de ejecución del mismo.

Finalmente, se mencionan las conclusiones que se obtuvieron al realizar este trabajo, y las posibles que se podrían obtener al desarrollar de forma práctica el proyecto.

CAPÍTULO 1

Marco teórico

1.1 Orígenes

1.2 Producción y consumo del jitomate

1.3 Hidroponía

1.3.1 Origen de la hidroponía

1.3.2 Ventajas del cultivo hidropónico

1.3.3 Solución nutritiva

1.3.4 Sistemas hidropónicos

1.3.5 Sustrato

1.4 El cultivo del jitomate en hidroponía

1.4.1 Siembra y almácigo

1.4.2 Crecimiento vegetativo

1.4.3 Floración

1.4.4 Fructificación

1.1 Orígenes

La palabra jitomate tiene su origen del dialecto náhuatl, el término xictli que significa ombligo y el término tomātl que quiere decir tomate, lo que nos da como resultado “tomate de ombligo”. Cabe señalar que en algunas regiones del territorio nacional y partes del mundo al jitomate se le denomina, tomate rojo.

Continuando, se cree que el jitomate se originó muy probablemente en las tierras altas de la costa occidental de Sudamérica. Investigaciones han precisado que ésta y otras hortalizas se cultivaron en forma continua por las culturas que florecieron en los Andes desde tiempos preincaicos. Estas investigaciones coinciden en asignar el origen del jitomate a esta zona, apoyados en la antigüedad de las evidencias arqueológicas halladas en la zona norte del actual Perú, así como a la gran cantidad de variedades silvestres que se pueden hallar aún en campos y zonas de esta parte de Sudamérica. Por otra parte, se cree que el jitomate viajó a Europa desde Tenochtitlán, después de la conquista de los españoles. Por lo que se cree que el jitomate tuvo su origen en México. [1]

Si bien, Perú y México, han sido postulados como lugares de origen del jitomate y se han proporcionado evidencias en uno u otro sentido, no existen pruebas concluyentes que apoyen de manera contundente a uno de los países mencionados, como el lugar donde el jitomate ha sido domesticado a partir de su ancestro silvestre. Más aún, puede ser que este cultivo haya sido domesticado independientemente por las culturas precolombinas que habitaban lo que actualmente son esas regiones geográficas. En todo caso, el jitomate llegó a América Central por diversos medios. Los mayas y otros pueblos de la región lo utilizaron para su consumo, y se cultivaba en México meridional, y probablemente en otras áreas hacia el siglo XVI. [2]

Finalmente, lo que sí es un hecho verídico es que los españoles distribuyeron el jitomate a lo largo de sus colonias en el Caribe después de la conquista de la región sur del continente Americano. Y posteriormente lo introdujeron a Filipinas, de donde se dispersó a una parte del continente asiático.

1.2 Producción y consumo del jitomate

Es la hortaliza que ocupa mayor superficie sembrada en todo el mundo, con alrededor de 3, 593,490 hectáreas y con una producción de 53, 857,000 toneladas (FAO, 2008).

De acuerdo a datos de la SAGARPA (Junio de 2010), en México se tienen sembradas alrededor de 40,806 hectáreas, obteniendo una producción de 1, 080,445 toneladas, teniendo un rendimiento promedio de 41,053 toneladas por hectárea.

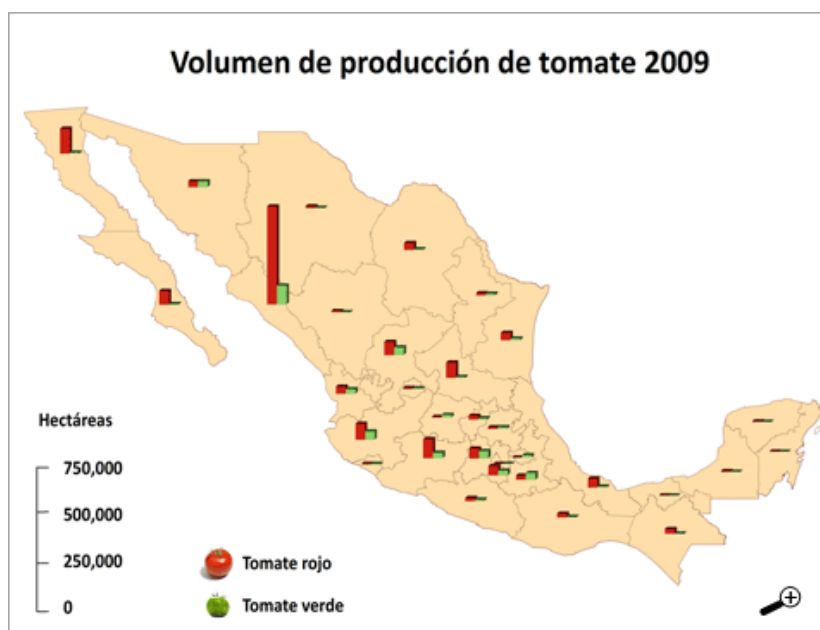


Figura 1.1: Fuente SIAP 2009.

Si bien existe producción de jitomate en todas las entidades del país (ver figura 1.1 y figura 1.2), seis son las que concentran más del 69% de la producción nacional. Sinaloa es el principal productor a nivel nacional, en 2009 se estima que produjo 852.7 mil toneladas, lo que representa el 36.6 % de la producción nacional. En segundo lugar a nivel nacional se encuentra Baja California con una producción de 206.2 mil toneladas y en tercer lugar Michoacán con 175.7 mil toneladas. De acuerdo a datos de SIAP durante el periodo 2000-2009 la producción presentó una tendencia de crecimiento.

La oferta de jitomate aumenta continuamente (ver tabla 1.1), principalmente por el aumento de rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. El aumento de la producción en gran parte de los países no ha correspondido, al mejoramiento del manejo de pos cosecha y modernización del procesamiento de manera apropiada.

Continuando, el jitomate sin procesamiento se consume principalmente en ensaladas, cocido o frito y en la actualidad este fruto es tratado y elaborado para producir refrescos, salsas, purés, zumos, concentrados, conservas y utilizado como aderezo para la elaboración de determinados alimentos.

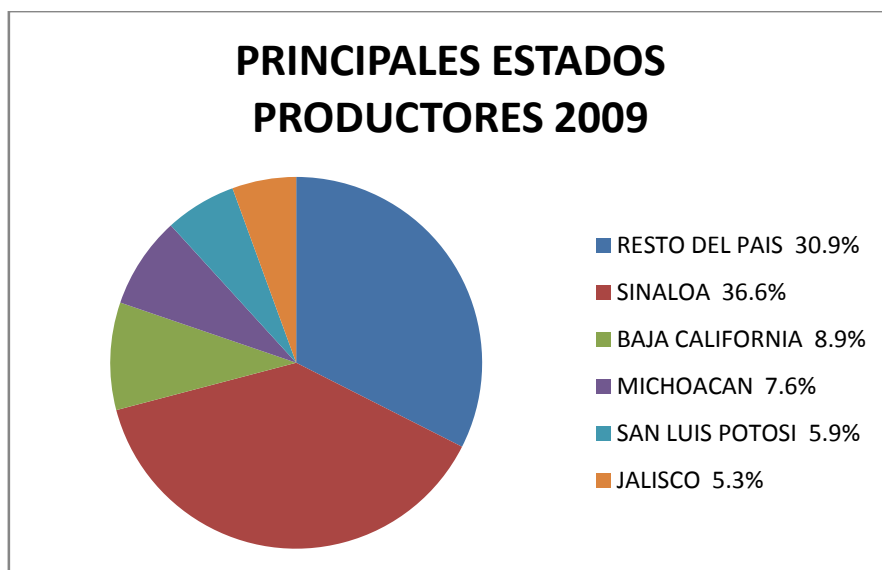


Figura 1.2: Fuente SIAP 2009.

Por otra parte, las características que debe presentar el jitomate para su consumo son muy variables, ya que se debe tomar en cuenta el país donde se comercializa, el tipo de población, o el uso que se le da, etc. En general las características más apreciadas del jitomate para su consumo son: el color rojo y una forma simétrica sin importar si es redonda u ovalada. El sabor pasa a segundo término pues este varía demasiado, en Asia lo consumen como fruta, así que el sabor debe de ser poco ácido, por el contrario de los países de América Latina donde se aceptan niveles altos de ácidos en el sabor del jitomate.

Año	Producción	Variación
2002	1.99	-7.4%
2003	2.17	9.1%
2004	2.31	6.6%
2005	2.25	-3.0%
2006	2.09	-6.8%
2007	2.43	15.9%
2008	2.33	-4.1%
2009	2.45	5.1%

Tabla 1.1: Producción de jitomate en México (millones de toneladas).

1.3 Hidroponía

1.3.1 Origen de la hidroponía

La palabra hidroponía significa trabajo en agua o con agua. Por otra parte, la hidroponía es una técnica para cultivar plantas, la cual emplea soluciones minerales en vez de suelo agrícola (tierra para cultivo).

Mediante este método de cultivo, se le suministra a la raíz de la planta, una solución nutritiva disuelta en agua con todos los elementos necesarios para el desarrollo de la misma. Es así como una planta puede crecer, ya sea en una solución mineral (sustrato líquido) únicamente o bien en un medio inerte, denominado sustrato sólido, como puede ser el tezontle, la grava o arena de río, entre otros.

El origen de la hidroponía se remonta al siglo XIX, cuando los investigadores en fisiología vegetal descubrieron que las plantas absorben los minerales esenciales por medio de iones inorgánicos disueltos en el agua. En condiciones naturales, el suelo actúa como reserva de nutrientes minerales, pero el suelo en sí no es esencial para que la planta crezca. Cuando los nutrientes minerales de la tierra se disuelven en agua, las raíces de la planta son capaces de absorberlos. Es así que los investigadores comenzaron a introducir los nutrientes minerales dentro del suministro de agua de la planta, lo que llevó a la conclusión de que el suelo, no es necesario para que la planta se desarrolle.

La mayoría de las plantas terrestres pueden crecer mediante la técnica de hidroponía, pero algunas pueden hacerlo mejor que otras. La hidroponía es también un método estándar en la investigación biológica, en la educación y un popular pasatiempo. Hoy en día esta actividad está tomando mucho auge en los países donde las condiciones para la agricultura resultan adversas, combinando la hidroponía con un buen manejo de invernadero se llegan a obtener rendimientos muy superiores a los que se obtienen en cultivos a cielo abierto. [3]

1.3.2 Ventajas del cultivo hidropónico

A continuación, mencionaré de manera breve las cualidades, por las que es mejor el cultivo hidropónico, con respecto al cultivo en tierra (tradicional). El conjunto de estas permite tener beneficios mayores, en cuanto a producción, calidad y economía.

1. Menos espacio y capital para una mayor producción: Debido a que las plantas ya no compiten por nutrientes como en el suelo. Entonces se puede manejar una mayor densidad de siembra.

2. Existe un control sobre la nutrición vegetal gracias al empleo de una solución nutritiva y por lo tanto mayor calidad del producto superando en mucho a los productos convencionales.

3. Mejoramiento de las propiedades organolépticas del fruto: Tanto el sabor como las propiedades nutritivas de los productos hidropónicos son mayores a los obtenidos en el campo.

4. Debido a que en la hidroponía se tiene un control sobre los nutrientes que recibe la planta, se puede cultivar exitosamente cualquier especie o variedad vegetal. A diferencia del cultivo en tierra donde, en la mayoría de los casos se debe adaptar a las condiciones del suelo.

5. Mayor precocidad en el cultivo: En los cultivos hidropónicos, los vegetales alcanzan tamaños sorprendentes en poco tiempo por lo que permite que sean cosechados antes de tiempo.

6. Ahorro de agua: El gran problema en México es el abasto de este vital elemento, con la ayuda de la hidroponía y de un riego automatizado por goteo, podremos optimizar el uso de este recurso entre 70 % y 80 %.

7. Permite producir cosechas contra estación: Esto se refiere, a que existen hortalizas en campo que solo son proliferas en ciertas épocas del año. Con ayuda de la hidroponía y de un invernadero, podremos producir jitomate en invierno que es cuando alcanza sus precios más altos en el mercado, por solo citar un ejemplo.

8. Se reduce en gran medida la contaminación del ambiente y los riesgos de erosión: La agricultura convencional está acabando con grandes extensiones de bosques y selvas, provocando la erosión de los suelos. Los cultivos hidropónicos al realizarse en espacios reducidos y al no utilizar el suelo, aminoran este problema.

9. Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminantes: Al no estar en contacto con el suelo, las hortalizas producidas por hidroponía, están totalmente libres de micro-organismos que puedan afectar nuestra salud. [4]

1.3.3 Solución nutritiva

Es la parte más importante del cultivo en hidroponía, ya que todos los elementos esenciales para las plantas se suministran disolviendo las sales fertilizantes en agua para preparar la solución que nutrirá a la planta durante todo su proceso de vida.

Existen 16 nutrientes que son indispensables para el crecimiento y desarrollo de todas las plantas. Tres de ellos, Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, son asimilados por las plantas del agua o del aire. Los 13 restantes, en el caso de la hidroponía, son suministrados mediante la solución nutritiva. Estos nutrientes minerales de las plantas están divididos en dos grandes grupos:

Macronutrientes: Como su nombre lo indica estos son requeridos en mayor proporción por las plantas, estos son; Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre.

Micronutrientes: Aunque también son esenciales para el desarrollo y deben ser agregados a las plantas el requerimiento es menor, los elementos que pertenecen a este grupo son; Cobre, Boro, Hierro, Manganeso, Zinc, Molibdeno y Cloro.

1.3.4 Sistemas hidropónicos

Existen básicamente dos tipos de sistemas hidropónicos, los cuales se diferencian únicamente en la reutilización de la solución nutritiva, y en los cuidados que se deben de tener, para su reciclado de la misma, a continuación describiré de manera sencilla cada sistema.

Sistema abierto: En el cual la solución se aplica a las plantas y no se recupera el sobrante del riego. En este caso, si uno está elaborando su propia solución nutritiva, el control se limita a verificar los niveles de conductividad y de pH solamente al inicio.

Sistema cerrado: En el cual el drenaje se recoge y se recircula total o parcialmente. Aquí es cuando se hace necesario un control frecuente de la solución nutritiva; puesto que las plantas van alterando su composición inicial y al cabo de un tiempo estaremos recirculando una solución que quizás sea inadecuada. En este sistema diariamente se tienen que checar 3 puntos principales:

- Volumen consumido: Es fácil verificar y reponer el volumen consumido de solución nutritiva en los sistemas cerrados, ya que tan solo hay que volver a llenar el tanque o contenedor principal con la solución nutritiva que se va gastando a lo largo del tiempo.

- Conductividad eléctrica: Este punto es importante ya que un exceso o deficiencia de sales nutritivas alteraría el crecimiento normal de nuestras plantas. Se recomienda al menos monitorear su nivel 2 veces a la semana.

- pH: Las plantas asimilan mejor los nutrientes en un rango comprendido entre 5.5 y 6.5. Es fundamental cuidar este punto ya que si los niveles de pH se salen de este rango de medidas la planta deja de nutrirse correctamente. [5]

1.3.5 Sustrato

Entendemos por sustrato un medio sólido inerte, que tiene una doble función: Primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración. Segunda, contener el agua y los nutrientes a base de la solución nutritiva que las plantas necesitan.

Un buen sustrato hidropónico debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo. No siempre un sustrato reúne todas las características deseables; por ello a veces, se recurre a mezclar diversos materiales, buscando que unos aporten lo que les falta a otros.

1. Retención de humedad: La retención de humedad por el sustrato, en cantidades adecuadas y en forma semejante, determina la posibilidad de la planta para utilizar el agua para sus funciones metabólicas (fotosíntesis, transpiración y respiración). La retención de esta humedad es en función del tamaño del grano y la porosidad de las partículas que lo componen. Mientras más elevada sea la capacidad de retención de agua del sustrato, menos frecuentes deben de ser los riegos.

2. Aireación del sistema radicular (raíces): Una importante condición para el éxito en los cultivos hidropónicos es la respiración suficiente de las raíces. El empleo de un sustrato con estructura estable, muy porosa y la aireación complementaria de la solución, evitan el peligro de la falta de oxígeno en la zona radicular, siendo esta mejor que la obtenida en suelos naturales.

3. Estabilidad física: Es la que determina si se mantiene con el tiempo una porosidad correcta, dependiendo de la velocidad de degradación y descomposición del material, la cual deberá ser lo

más lenta posible. Los materiales más inadecuados son aquellos que se desmoronan fácilmente con la acción del agua.

4. Debe ser químicamente inerte: No debe suministrar ningún elemento nutritivo, puesto que esto representaría una alteración en la solución nutritiva.

5. Debe ser biológicamente inerte: El sustrato hidropónico debe ser a diferencia del suelo, un medio carente de actividad biológica; en este sentido, cualquier presencia de insectos patógenos tendría un carácter explosivo, ante la total ausencia de controladores naturales. En cuanto a la parte biológica, al comienzo del cultivo el sustrato deberá estar libre de plagas y enfermedades, por lo tanto es peligroso cualquier material que contenga tierra o composta no desinfectados, pues los daños causados por patógenos como nematodos u hongos podrían ser fatales en este caso.

6. El drenaje: Todo tipo de recipiente y de sustrato que se estén utilizando, deberá permitir un buen drenaje. Cuando una planta hidropónica requiere una mayor cantidad de agua, debemos aplicar mayor cantidad de riegos, pero nunca debemos de inundar el sustrato con el fin de ahorrar riegos, ya que esto va contra la disponibilidad del oxígeno. Entre las formas más comunes de drenaje utilizadas en los cultivos hidropónicos, tenemos las siguientes:

a) Drenaje por inclinación del recipiente: se utiliza en el caso de las canaletas, bandejas, camillas etc., las cuales deberán tener una pendiente de 5 % a 7 % con el fin de facilitar el drenaje de los excesos de solución nutritiva.

b) Drenaje por orificios inferiores: En el caso de bancadas o recipientes individuales tales como botes, bolsas o sacos, el drenaje deberá facilitarse siempre por orificios en la parte inferior del recipiente.

7. La capilaridad: Esta propiedad consiste en que el sustrato tenga la capacidad de absorber agua a través de los poros y de transportarla en todas las direcciones. Es esencial cuando se utiliza un sistema de riego por goteo, en el cual se necesita que el agua se distribuya horizontalmente a partir del punto de goteo. Cuando el sustrato no tiene capilaridad, el agua se mueve verticalmente a través del perfil del mismo, llegando rápidamente al drenaje y dejando zonas secas en las cuales no se pueden desarrollar las raíces. Cuando el sustrato tiene una buena capilaridad, el agua es absorbida en todas direcciones, haciendo que las raíces de las plantas encuentren una humedad homogénea en todo el recipiente.

8. Debe de estar disponible: Esta es una condición lógica, pero a veces no se toma en cuenta. En muchas ocasiones el sustrato ideal no está disponible en el medio y olvidamos recursos de la región que eventualmente podrían remplazarlo.

9. Debe de ser de bajo costo: Generalmente este factor determina, antes que otras condiciones, el sustrato a utilizar y usualmente el principal factor de costos es el transporte. [6]

1.4 El cultivo del jitomate en hidroponía

1.4.1 Siembra y almácigo

El almácigo es un pequeño espacio en el que se ponen a germinar las semillas, donde se cuida que las condiciones sean las mejores para el buen crecimiento de las plantas de jitomate.

Primeramente hay que seleccionar la variedad de jitomate que se desee cultivar, y procurar que las semillas elegidas sean de buena calidad, ya que de otro modo se afectará el cultivo. Luego se siembra la semilla en charolas, que pueden ser de diversos materiales y finalmente, se espera a que germinen las plántulas.

El sustrato para almácigo puede ser de arena de río o de cuarzo, grava fina, tezontle o piedra pómez. Se debe regar diariamente, solo con agua, asegurando mantener la humedad, pero sin exceso de agua para evitar la falta de aireación en el sustrato. A partir de que aparecen los cotiledones y las primeras hojas (ver figura 1.3), los riegos se hacen con solución nutritiva a la mitad de la dosis los primeros cinco días y después se aumenta a la dosis completa hasta su trasplante.

La mejor temperatura para la germinación del jitomate es de 22° a 24° Celsius. Temperaturas más altas o más bajas producen un bajo porcentaje de germinación. [7]



Figura 1.3: Germinación de plantas de jitomate.

1.4.2 Crecimiento vegetativo

Las tres etapas del desarrollo temprano son germinación, post-aparición, y trasplante. La germinación debe ocurrir a una semana de la sembradura; la post aparición tarda generalmente de 5 a 12 días; y el trasplante se debe hacer entre los 12 y los 14 días después de la sembradura (ver figura 1.4 y figura 1.5).

La temperatura óptima para que una planta se desarrolle bien, debe estar entre los 20° y 25° Celsius en el día, cuando la temperatura se mueve entre los 18° y 27° Celsius el desarrollo de la planta es mucho menor, lo que provoca una disminución en el rendimiento de la planta, así como una menor producción. Para la noche las temperaturas deben estar aproximadamente entre 13° y 16° Celsius, aunque muchas variedades de jitomate no hacen diferencia entre el día y la noche.

Es conveniente que las plantas generen tallos no muy largos, es decir, plantas compactas, con racimos florales a corta distancia, porque esto permite un mayor crecimiento, produciendo más racimos.



Figura 1.4: Plantas de jitomate listas para el trasplante.

A los 15 ó 20 días del trasplante, se hace necesario podar las plantas, para quitar los primeros tallos laterales y las hojas más viejas, para mejorar la aireación del cuello, controlar el excesivo crecimiento del follaje y favorecer las flores y frutos en crecimiento.

A fin de mantener la planta erguida y evitar que las hojas y los frutos toquen el piso se recurre al tutorado, esto es, las plantas se sujetan con anillos plásticos a un hilo de polipropileno que se enrolla en un gancho galvanizado, sujeto a un alambre grueso que va colgado a 2 ó 2.5 metros sobre el suelo (ver figura 1.6). Cuando las puntas de la planta alcanzan el alambre, se baja la planta descolgando el hilo, de esta forma la planta siempre se desarrolla hacia arriba, recibiendo la máxima luminosidad y aireación. [8]



Figura 1.5: Plantas de jitomate trasplantadas.



Figura 1.6: Sistema de tutoreo para el cultivo de jitomate.

1.4.3 Floración

El primer racimo de flores de una planta sana será el mejor, ya que no tiene que competir con otros racimos de la planta, las flores deben ser color amarillo intenso, pero esto depende de la cantidad de luz.

La fotosíntesis es la clave para obtener una buena producción. La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas transforman las sustancias que toman sus raíces en alimento, pero para ello necesitan la luz del sol. Si disminuye la fotosíntesis debido a condiciones de baja luz, alta humedad o estrés debido a la falta de agua, la producción de azúcares disminuirá y esto repercutirá en la calidad del fruto.



Figura 1.7: Floración de planta de jitomate variedad bola.

Una vez que las flores abren deben ser fecundadas (ver figura 1.7), es decir debe movilizarse el polen. La polinización puede ser realizada por insectos como las abejas o los abejorros o por corrientes de aire, pero es muy importante que la polinización se realice todos los días, ya que el polen fertiliza los óvulos de la flor y cada óvulo fertilizado dentro de la flor producirá una semilla y las semillas determinan el tamaño del fruto. [9]

1.4.4 Fructificación

Para cuidar la calidad de los frutos de un racimo hay que hacer un raleo, es decir, eliminar los frutos inmaduros, mal posicionados, dañados por insectos, deformes, y los que presenten un tamaño demasiado pequeño (ver figura 1.8). Esta poda permite que los frutos que queden se desarrollen mejor.

Generalmente el primer fruto es bastante grande y se le conoce como "fruto rey" también este fruto debe ser retirado ya que compite con todos los demás.



Figura 1.8: Fructificación de planta de jitomate variedad bola.

Cuando los frutos alcanzan el estado de madurez estando verdes, detienen la importación de fotosintatos, esto pasa como 10 días antes de que cambien su color a anaranjado. La tasa de coloración depende de la temperatura. Los frutos que están a la sombra requieren más días para madurar, pero son ligeramente más grandes. [10]

CAPÍTULO 2

Planteamiento y análisis del problema

2.1 Planteamiento del problema

2.2 Obtención de información

2.3 Cultivo en el Distrito Federal

2.4 Análisis FODA del proyecto

2.5 Análisis del problema

2.1 Planteamiento del problema

Como ya se mencionó el objetivo del proyecto, es realizar una propuesta para la automatización de un huerto familiar de jitomate hidropónico, mediante la técnica de sustrato sólido, que permita establecer una inversión mínima para controlar su mantenimiento y desempeño ingenieril.

Dicho huerto debe ser de bajo costo y debe estar hecho con materiales de calidad, además cualquier persona pueda construirlo en su casa. Por lo anterior se debe resolver un problema con ayuda de las distintas ramas de la ingeniería, como son: la mecánica, la eléctrica, la electrónica y la computación para cumplir con nuestro objetivo (ver tabla 2.1).

Por otra parte, se desea lograr una producción de jitomate de buena calidad, es así que debemos tener en cuenta lo siguiente, para alcanzar un crecimiento y rendimiento máximo, debemos saber que el huerto debe ser igual al entorno óptimo de las plantas.

Por lo cual debemos conocer los elementos que se deben controlar para el buen desarrollo de la planta. Dentro de los cuales se encuentran: agua y nutrientes, humedad, luz, temperatura y CO₂.

Cabe señalar que en el caso del CO₂ no existe problema alguno, pues el cultivo se desarrollará en la ciudad. Así mismo en el caso de la luz no se tomará en cuenta dado que un sistema artificial es muy caro, tanto la adquisición del equipo como el pago de la energía eléctrica, lo cual resultaría incosteable.

Dicho lo anterior solo nos concentraremos en el control de temperatura, el control de humedad, el sistema de riego y la estructura del huerto.

Cabe señalar que hago uso del concepto que se denomina “hidroponía popular urbana”. Con la cual se busca una producción programada en el cultivo hidropónico para proveer de alimento a una familia a lo largo del año, con productos de inmejorable calidad. En este caso para cosechar jitomate.

Rama de la Ingeniería	Problema a tratar
Eléctrica:	Sistema de alimentación eléctrico.
Electrónica:	Etapa de control y potencia.
Mecánica:	Estructura invernadero.
Computación:	Programación microcontrolador.

Tabla 2.1: Ramas de la ingeniería involucradas en un problema mecatrónico.

2.2 Obtención de información

Además de consultar la bibliografía mencionada al final de este trabajo, se llevó a cabo un trabajo de campo, el cual consistió en visitas con autoridades de la Delegación Iztapalapa, con el fin de conocer la siguiente información:

Programas de apoyos existentes, se encontró un programa denominado huerto familiar y otro denominado cultivo hidropónico, así como una propuesta que se estudia para dar un 10 % de descuento en el predio, a todas aquellas personas o empresas que cuenten con una azotea verde.

Comercialización de productos agrícolas. No hubo aporte alguno por parte de las autoridades.

Además se asistió a un curso sobre cultivo hidropónico, que se imparte en la Facultad de Ciencias de la UNAM, en el huerto que se encuentra en el techo del comedor de dicha facultad.

La información recopilada se enfocó principalmente en los siguientes aspectos para la realización del proyecto:

Apoyo por parte del gobierno, para la construcción del invernadero.

Tipo de cultivo, en nuestro caso selección de la variedad de jitomate (bola).

Procedimiento para la siembra y cultivo del jitomate.

Plagas y métodos para la fumigación.

Preparación de la solución nutritiva.

Necesidades que debe cubrir un invernadero.

Equipo empleado en un invernadero automatizado.

2.3 Cultivo en el Distrito Federal

Es conocido, que en la Ciudad de México es mínima y en algunos casos nula la producción de hortalizas o cualquier otro producto del campo, con excepción del nopal que se siembra en lugares remotos de la metrópoli, como lo es la Delegación Milpa Alta.

En el caso de iniciar con la construcción de invernaderos familiares, se mejoraría la alimentación de los habitantes, así como se aumentaría el número de metros cuadrados de áreas verdes por persona y se contribuiría con la disminución de CO₂. Gas que es muy apreciado en los invernaderos y que no se encuentra de forma abundante en zonas rurales, pues en algunos casos se debe generar, ya sea mediante la combustión en los sistemas de calefacción o mediante tanques de CO₂, para que la producción de las plantas aumente. Pero en nuestro caso no hay necesidad de hacer un gasto más, debido a que el aire de la ciudad posee un alto contenido de CO₂.

Así pues, como se mencionó al inicio de este capítulo, el proyecto no se desarrolla con fines de lucro, por lo que la producción se podría organizar de la siguiente manera:

Por ejemplo, en una calle de alguna colonia popular de la Ciudad de México, los vecinos se pueden organizar, para sembrar cada quien una hortaliza en particular y después mediante trueque del propio cultivo, se tenga acceso a otro tipo de hortalizas.

Hablo de especializarse en una verdura (en nuestro caso el jitomate) o lo que se pretenda cosechar, ya que cada especie posee distintas necesidades, como lo son temperatura, humedad, riego, entre otros factores, por lo que el hecho de poseer varias clases de cultivos en un mismo invernadero, puede ser perjudicial. Ya que lo que beneficia a una especie, puede provocar un mal desarrollo en la otra.

Por otra parte decidí cultivar jitomate ya que es la hortaliza que más se ocupa en México, en la comida. Se emplea en casi todo, sopas, ensaladas, salsas y demás guisos que la mayoría de mexicanos consume.

Si una persona deja de comprar jitomate, puede emplear el dinero que no gasto, para comprar algún otro producto básico de la canasta como lo es huevo, leche o pan.

Finalmente, aplicar tecnología adecuada para la producción de jitomate, en un huerto automatizado nos permitirá mejorar la calidad del cultivo, pero sobre todo eliminará una parte del trabajo, como lo es el riego, así mismo proporcionará un manejo apropiado de los recursos que se necesitan para el éxito de nuestro proyecto.

2.4 Análisis FODA del proyecto

Fortalezas	Debilidades
Promueve la conservación del medio ambiente.	Presenta costos que las personas de escasos recursos no pueden cubrir.
Disminuye los niveles de CO ₂ , presentes en el aire de la comunidad.	Requiere capacitación técnica externa, cuya falta ha hecho fracasar proyectos similares.
Aumenta el número de áreas verdes.	Necesita aceptación y cambio en las prácticas de la comunidad, para no ser un esfuerzo aislado.
Disponibilidad de las personas para capacitarse en el cultivo hidropónico.	Falta de capacitación en cultivo hidropónico.
Disposición para compartir el conocimiento adquirido.	Carencia de intercambio de experiencias en el cultivo.

Oportunidades	Amenazas
Permite mejorar los ingresos de los productores.	La dependencia de apoyo técnico puede disminuir sus posibilidades de continuidad.
Mejorar la alimentación de las personas.	Alternativa solo para un grupo reducido dejando fuera a un gran número de habitantes.
Captar recursos del gobierno.	Aplicación de recursos públicos en otros temas.
Elaboración de proyectos para invernaderos de casa.	Rechazo del proyecto huerto familiar.
Mejora las condiciones de uso de suelo.	Falta de espacio, debido al uso del suelo, en la ciudad.
Integración de personas de la tercera edad en una actividad productiva dentro del hogar.	Interés mínimo de las personas laboralmente activas.

Fortalezas	Debilidades
<p>Mayor producción en menor área. Promueve la conservación y mejor uso del agua y del suelo. Condiciones naturales favorables. Productores con capacidad de recepción y asimilación de nuevas tecnologías. Bajo coste de la mano de obra. Alto consumo interno jitomate. Mayor productividad por hectárea. Independencia con respecto al clima. Alta rentabilidad debido a la producción en tiempos de escasas, lo que permite la venta del producto a un precio superior. Mejor calidad comercial, los productos obtenidos son más uniformes, de mayor tamaño, mejor presentación y realza las características organolépticas (susceptibles de ser percibida por los sentidos). Permite un mejor manejo, prevención y control de enfermedades y plagas. El trabajo se hace más cómodo, placentero y seguro, evitando la pérdida de jornadas por condiciones climáticas adversas o ausencias por enfermedad. Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.</p>	<p>Costos que no han programado o no pueden cubrir los productores. Requiere de mantenimiento para darle continuidad. La inversión inicial es elevada. Desde el punto de vista financiero se debe disponer de un capital inicial importante aunque económicamente se lo amortice en los años de vida útil de cada uno de los materiales. El costo de producción es más alto ya que exige alta incorporación de tecnología. El productor y los operarios deben tener conocimientos específicos de la actividad (asesoramiento, capacitación). Dependencia del exterior con respecto a los insumos. Ubicación del terreno para el proyecto.</p>
Oportunidades	Amenazas
<p>Permite mejorar los ingresos de los productores, porque los productos tienen mayor valor comercial. Pueden utilizarlo los productores adultos mayores y las mujeres. Mejora las condiciones del suelo, al reducir la necesidad de utilizar tierras no aptas o erosionadas. Programas y apoyos del gobierno estatal para su construcción. Ser el precursor de este tipo de producción en la Zona, organizando visitas y capacitación a los demás productores. Fuerte y pronunciado exceso de demanda regional para las épocas no tradicionales de producción. Posibilidad auténtica de expansión de la oferta a nivel nacional.</p>	<p>Falta del recurso agua, y su utilización para otras actividades productivas (industriales) o urbanas. Falta de programas de comercialización. Gastos de mantenimiento, no programados. Menor costo relativo de insumos en los países vecinos. Mayor nivel tecnológico en aspectos productivos en los países vecinos. Distorsión de precios y oferta en los mercados locales debido a los altos niveles de importaciones. Difícil inserción en los mercados externos (barreras fitosanitarias y tratamientos para la exportación).</p>

Tabla 2.2: Análisis FODA cultivo de jitomate en invernadero.

2.5 Análisis del problema

Para llevar a buen término, nuestro proyecto de cultivo hidropónico en un huerto familiar automatizado, debemos tener en cuenta los siguientes aspectos.

Tener un adecuado control de temperatura en el cultivo, entre 15° y 25° Celsius, para obtener un óptimo desarrollo de la planta y sobre todo protegerla contra las bajas temperaturas.

Poseer un control de humedad que permita el crecimiento del cultivo de forma acelerada y uniforme, la cual debe rondar como mínimo un 40 % y no exceder el 90 %, con el fin de evitar la proliferación de hongos y agentes patológicos que provoquen enfermedades en las plantas.

Contar con una estructura sólida que proteja el cultivo de lluvias excesivas, vientos extremos, fríos intensos y granizadas que devasten las plantas.

Hacer un uso eficiente del agua y de los nutrientes suministrados, mediante la automatización del riego.

Contar con un manual para el cultivo de jitomate mediante hidroponía. En el que se especifique los tratamientos que deben de hacerse a la planta.

Por otra parte, con la ayuda de la tabla 2.3, evaluaremos los criterios mencionados y así podremos elegir la mejor opción para nuestro caso.

La elección de cada uno de los parámetros, se realizó de tal manera que el huerto familiar sea de la mejor calidad posible, para cumplir con un desempeño ingenieril adecuado, pero sobre todo cuidando el aspecto económico del mismo. Ya que se pretende que cualquier persona pueda construirlo con un mínimo de inversión.

Elemento	Opciones	Criterios		Elección
Tipo de control		Costo	Flexibilidad	Digital (Microcontrolador PIC)
	Analógico (OPAMS)	Bajo	Media	
	Digital (PLC)	Alto	Alta	
	Digital (Microcontrolador PIC)	Bajo	Alta	
Control de temperatura		Costo	Precisión	Ventilación mixta Y Calefacción
	Ventilación natural	Bajo	Baja	
	Ventilación mixta	Medio	Media	
	Ventilación forzada	Alto	Alta	
	Calefacción	Medio	Medio	
Control de humedad		Costo	Precisión	Ventilación mixta Y Aspersión
	Ventilación natural	Bajo	Baja	
	Ventilación mixta	Medio	Media	
	Ventilación forzada	Alto	Alta	
	Aspersión	Medio	Media	
Riego		Costo	Ahorro de agua	Goteo
	Aspersión	Medio	Bajo	
	Goteo	Alto	Alto	
Técnica de control de temperatura y humedad		Costo	Precisión	Lazo cerrado
	Lazo abierto	Medio	Baja	
	Lazo cerrado	Alto	Alta	
Técnica de control en riego		Costo	Precisión	Lazo abierto
	Lazo abierto	Medio	Baja	
	Lazo cerrado	Alto	Alta	
Material para el sistema de riego		Costo	Durabilidad	Cinta de riego por goteo
	Tubería de PVC	Medio	Media	
	Cinta de riego por goteo	Bajo	Media	
Tipo de estructura para el invernadero		Resistencia al viento	Facilidad de construcción	Dos aguas
	Túnel	Alta	Baja	
	Ventilación cenital	Media	Baja	
	Dos aguas	Media	Alta	
Material de la estructura		Costo	Durabilidad	PTR
	Madera	Bajo	Baja	
	PTR	Medio	Alta	
Tipo de cubierta		Costo	Durabilidad	Polietileno térmico
	Policarbonato celular	Alto	Larga	
	Polietileno térmico	Bajo	Media	

Tabla 2.3: Selección de técnicas, materiales y métodos para la construcción del huerto.

CAPÍTULO 3

Propuesta en la integración y diseño del sistema automatizado del huerto

3.1 Estructura del huerto

3.2 Cubierta del huerto

3.3 Ventilación

3.4 Calefacción

3.5 Riego

3.6 Medición de temperatura y humedad

3.7 Microcontrolador PIC

3.1 Estructura del huerto

La estructura del huerto (ver figura 3.1 y tabla 3.2) se encuentra conformada en su totalidad por eslabones, los cuales se unen mediante solera de 1/8 x 1 de pulgada comercial y con la ayuda de tornillos con cabeza hexagonal de 1/4 x 1 1/2 o tornillos de cabeza hexagonal de 1/4 x 2 1/2 según sea el caso.

Dicho sistema mecánico está diseñado para soportar cargas provocadas por: el viento, la lluvia, el granizo, sistema de riego, sistemas de control de temperatura y humedad, sistema de tutoreo, entre otros. Todo esto con el fin de proteger nuestro cultivo y maximizar el rendimiento del mismo.

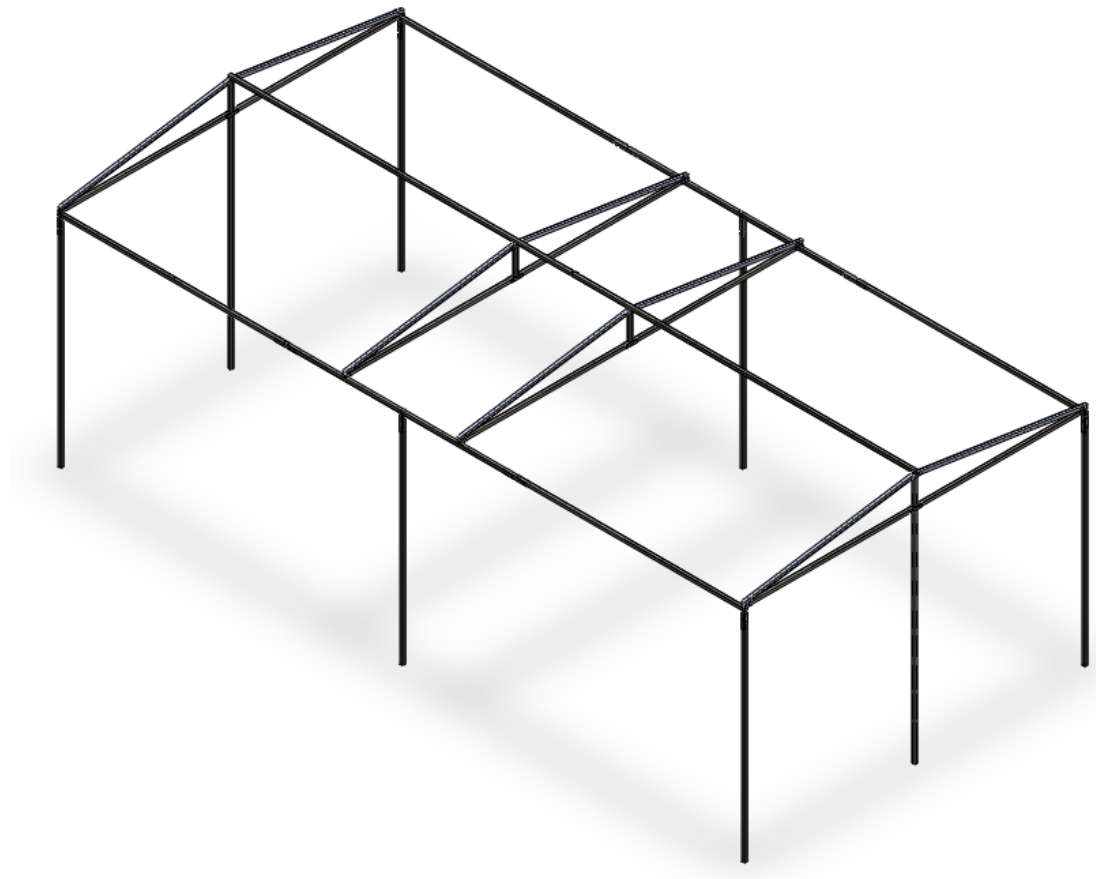


Figura 3.1: Estructura del huerto.

Se decidió que la estructura del huerto fuese, de dos aguas por su facilidad de construcción (ver tabla 3.1), ya que como se comentó en el planteamiento del problema, cualquier persona debería construir la estructura, sin mayor necesidad de herramienta que un arco con següeta y un taladro. Si hubiésemos escogido otra forma del invernadero, como tipo túnel o cenital, la problemática sería la necesidad de herramienta y o maquinaria para hacer las piezas de las estructuras correspondientes, y que difícilmente una persona con poco poder adquisitivo podría poseer en su casa.

Estructura sin soportes intermedios.
Buena ventilación.
Buena estanqueidad a la lluvia y al viento.
Excelente difusión luminosa.
Fácil construcción.
Fácil instalación.

Tabla 3.1: Ventajas de los invernaderos tipo dos aguas.

Además, el diseño mecánico se distingue por una facilidad en el manejo de las variables físicas en cuestión, posee una gran resistencia a vientos y una rapidez y facilidad en su ensamble y desarme. La altura del huerto en su parte más alta es de 2.20 metros con una altura promedio de 1.90 metros, mide 6 x 3 metros, la ventilación se colocó en la parte posterior y anterior del huerto.

Eslabones:	PTR negro cuadrado 1" calibre 14.
Ensamblajes:	Solera 1/8 x 1" comercial.
Tornillo cabeza hexagonal:	1/4 x 1 1/2 de pulgada.
Tornillo cabeza hexagonal:	1/4 x 2 1/2 de pulgada.

Tabla 3.2: Componentes de la estructura del huerto.

Finalmente se recomienda proteger la estructura mediante un recubrimiento de pintura, con el fin de evitar la corrosión de la misma.

3.2 Cubierta del huerto

Se emplea una cubierta fabricada en polietileno para uso agrícola, este plástico es fabricado bajo estrictos controles de calidad, mediante el uso de equipos de última generación y bajo el sistema de coextrusión. Lo que le brinda una larga duración térmica con capas diferenciadas que optimizan su durabilidad y acabado. Retiene la radiación de onda larga infrarroja emitida por el sol y fuentes de calor cercanas a su entorno, lo que le permite elevar las temperaturas mínimas absolutas en 3° o 4° Celsius, más altas que las registradas en los plásticos que no son térmicos, dando como resultado un equilibrio térmico al interior del huerto.

Además, suma a sus cualidades una mayor difusión de la luz solar, lo que permite eliminar las zonas de sombra dentro del huerto, lo que provoca un gran beneficio, como es el aumento en la precocidad de los cultivos. Se emplea en calibre 720, utilizando espesores más bajos, las propiedades térmicas y mecánicas son menores con lo que se corre el riesgo de acortar el tiempo de vida útil de 3 a 5 años a tan solo un año (ver figura 3.2 y tabla 3.3).

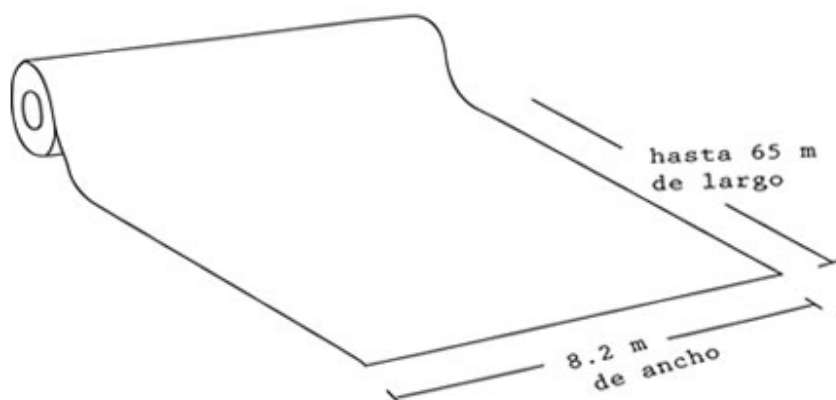


Figura 3.2: Dimensiones rollo de plástico para invernadero.

Es un plástico ideal para proteger el cultivo de las inclemencias del medio ambiente y de plagas, tratado con protección ultravioleta, para una mayor duración. Se emplea en color verde clorofila debido a que el Distrito Federal, se encuentra en una zona donde las temperaturas templadas son más marcadas que las cálidas.

Calibre: 720.
Protección: UV 2.
Durabilidad: 3 - 5 años.
Presentación: 8.2 metros de ancho.
Usos comunes: como cubierta de invernaderos en zonas donde las temperaturas frías son más marcadas que las temperaturas cálidas.
Regiones recomendadas: Norte y Centro de la República Mexicana.

Tabla 3.3: Características del plástico para invernadero.

Por otra parte, el plástico se monta al huerto mediante perfil sujetador y alambre zigzag, el cual aprisiona el plástico contra el perfil sujetador, impidiendo su movimiento, sin necesidad de perforar el plástico, lo que provocaría una concentración de esfuerzos alrededor del agujero, teniendo como desenlace la ruptura del plástico.

3.3 Ventilación

Para llevar a cabo una renovación constante del aire, tanto para evitar la falta de CO₂, la acumulación excesiva de humedad y contribuir a la disminución de la temperatura en el huerto se colocaron, en la parte posterior y anterior dos marcos forrados con malla anti áfidos (ver figura 3.3 y tabla 3.4), con lo cual se permite el paso de aire y además se evita la entrada de insectos como es el caso de la mosca blanca.

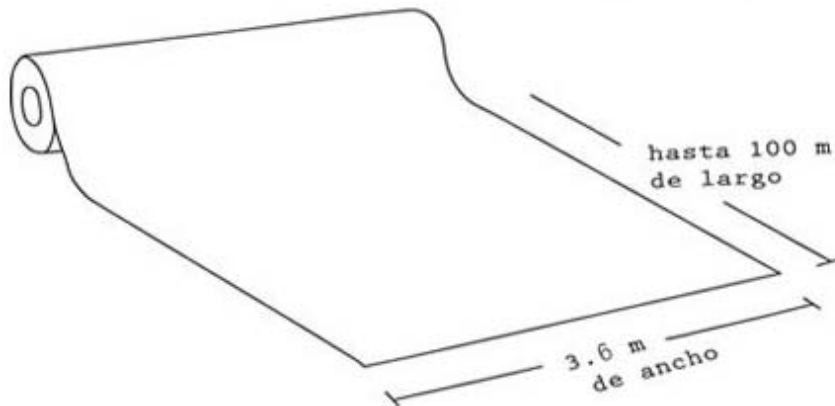


Figura 3.3: Dimensiones rollo de malla anti áfidos.

Bordado: 40 x 26 hilos por pulgada cuadrada.
Durabilidad: 3 a 5 años.
Presentación: 3.6 metros de ancho.
Usos comunes: Al instalarse como pared del invernadero, facilita la circulación del aire dentro de la instalación mientras evita la entrada de insectos para el cultivo.

Tabla 3.4: Características de la malla anti áfidos.

Por otra parte, cuando la temperatura sea demasiado elevada o exista un exceso de humedad, nuestro sistema de ventilación natural se podrá auxiliar de dos ventiladores, uno en la parte posterior que ingrese aire al huerto y otro en la parte anterior que evacue el aire del huerto, con ambos sistemas funcionando se logrará las condiciones adecuadas para nuestro cultivo.

Ahora bien, a continuación realizaremos el siguiente cálculo para determinar el tipo de ventilador que se empleara:

$$V_e = L * A * 2.44$$

Donde:

Ve: Volumen de extracción.

L: longitud del invernadero.

A: ancho del invernadero.

2.44 m/min normalmente se considera suficiente.

Calculando:

$$V_e = 6 * 3 * 2.44 = 43.92 \frac{m^3}{min}$$

De acuerdo al cálculo anterior y a las especificaciones técnicas de los ventiladores disponibles en el mercado, se seleccionó el siguiente dispositivo (ver figura 3.4 y tabla 3.5), tomando en cuenta su precio y su garantía.



Figura 3.4: Ventilador extractor.

Alimentación: 110 Vca.
Corriente de consumo: 130 mA.
Potencia: 14 W.
Decibeles: 35 dBA.
RPM: 1600/2000.
Dimensiones: 12 x 12 x 2,5 cm (6 pulgadas).

Tabla 3.5: Características técnicas del ventilador.

Finalmente, es necesario comentar que los dos extractores, junto con las ventanas posterior y anterior, constituyen el sistema de ventilación, el cual actúa de manera inerte, hasta que la temperatura es mayor a 25° Celsius o la humedad es mayor al 90 %, es entonces cuando los extractores entran en acción. Puesto que la ventilación natural que proporcionan las ventanas no es suficiente para regular las variables físicas antes mencionadas.

3.4 Calefacción

El tipo de calefacción seleccionada se denomina, calefacción por aire caliente, la cual consiste en hacer pasar aire, a través de una resistencia eléctrica, para posteriormente movilizarlo con ayuda de un ventilador, en el interior del huerto.

Por otra parte, se decidió emplear una calefacción eléctrica de uso domestico (ver figura 3.5), ya que de acuerdo a sus características técnicas se desempeña de manera adecuada en habitaciones que no superen las siguientes dimensiones: 4 metros largo, 4 metros ancho y 2.5 metros altura.

Continuando, el volumen del huerto es de 37.8 metros cúbicos lo que es menor al volumen para el cual esta diseñada la calefacción que es de 40 metros cúbicos.



Figura 3.5: Resistencia 110 Vca, 1000 W.

El ventilador empleado, en la movilización del aire caliente, es del mismo tipo que los utilizados para la ventilación. La calefacción se encontrará 30 centímetros separada del ventilador y como mínimo 50 centímetros alejada de cualquier posible material que al elevar su temperatura pudiese iniciar un incendio, todo esto como medida de seguridad. Cabe señalar que este elemento solo se empleará en invierno, y en algunos días aislados, ya que en la mayor parte del año la temperatura en el Distrito Federal oscila entre los 13° y 27° Celsius.

Finalmente, para que el sistema de calefacción comience a trabajar, la temperatura en el huerto deberá ser menor de 15° Celsius.

3.5 Riego

Primeramente, cabe mencionar que el sistema de riego implantado consta de dos partes, la primera dedicada al riego de las plantas y la segunda consagrada al aumento de la humedad en el huerto.

Continuando, en la parte dedicada al riego de las plantas, se eligió el sistema de riego por goteo. El ahorro de agua es bastante alto, ya que solo se le administra el agua necesaria para que la planta se desarrolle de manera adecuada. Además se disminuye la evaporación del líquido pues el goteo se realiza a nivel del sustrato o de la tierra según sea el caso. Es importante minimizar las pérdidas de líquido en esta parte, pues se trata de solución nutritiva y no de agua común como en el caso del aumento de humedad (ver figura 3.7).

Los elementos que integran esta parte del sistema de riego son: una bomba sumergible (ver figura 3.6 y tabla 3.6), cinta de riego con goteros incluidos (ver tabla 3.7), tubo PET de 16 mm y un par de aspersores.

Puede levantar el agua a una altura máxima de 3 metros, lo que le permite trabajar con la mayoría de los tinacos.
Sus componentes internos son inertes y su eje es de cerámica, por lo que la solución nutritiva no tiene riesgo alguno de sufrir alguna reacción al entrar en contacto con la misma.
Tiene un consumo de tan solo 40 watt, generando considerables ahorros en el consumo de energía del huerto, además de ser silenciosa.

Tabla 3.6: Características de la bomba sumergible.



Figura 3.6: Bomba sumergible de 2000 L/H.

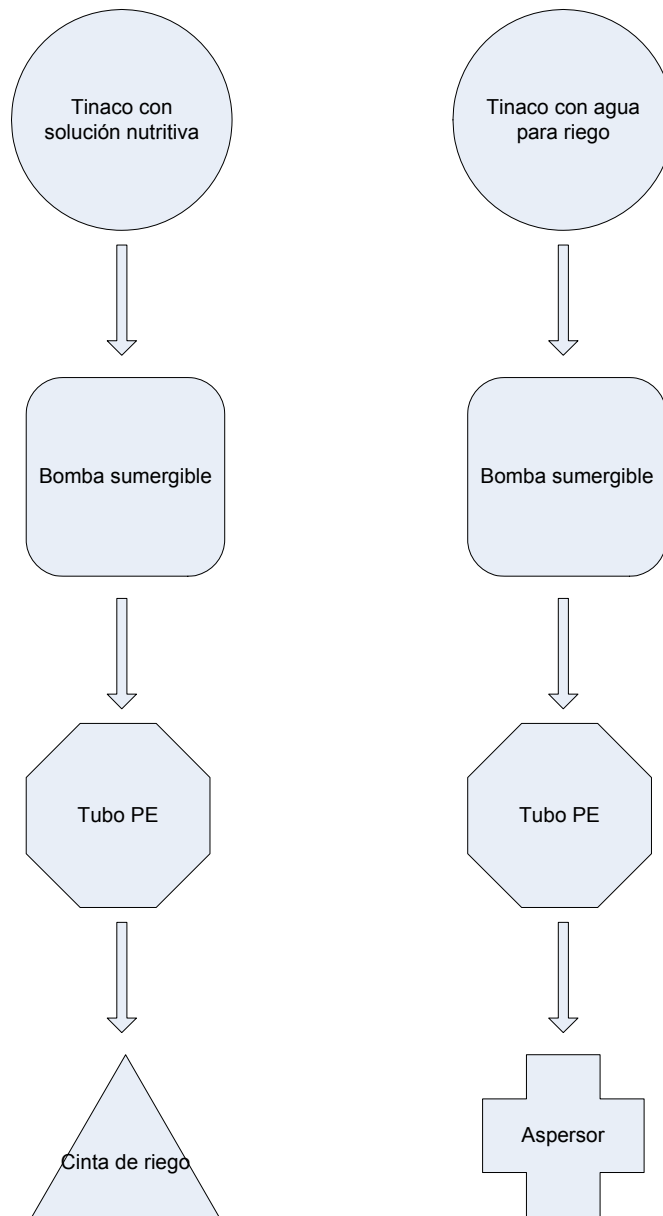


Figura 3.7: Recorrido del agua según su uso en el sistema de riego.

Diseñada para que desde la primera bolsa de cultivo hasta la última, reciban la misma proporción de riego, facilitando el desarrollo homogéneo de las plantas, a pesar de trabajar en terrenos con desnivel.
Cuenta con goteros cada 32 cm que es la separación ideal entre bolsa y bolsa en un cultivo hidropónico.
Su plástico calibre 6000 es resistente a la intensidad solar, además de que su coloración evita la formación de algas que puedan obstruir sus canales.
Genera un significativo ahorro de agua y solución nutritiva ya que te permite mantener riegos precisos sin necesidad de recuperar la solución nutritiva.

Tabla 3.7: Características de la cinta de riego.

Para concluir hablaré, de la parte que se dedica al aumento de humedad, la cual consta de dos aspersores (ver tabla 3.8), los cuales se activan, mediante una bomba de las mismas características que la empleada en el riego de las plantas. Para que esta parte entre en acción la humedad dentro del huerto debe ser menor al 40 %.

Ficha Técnica	Medidas
Rango de presión:	2.5 - 3.5 bar.
Caudales de emisión a 3.0 bar:	22, 25, 38 y 45 LPH.
Tamaño promedio de la gota:	130 micrón.
Conexión de montaje:	Cónico o roscada de 5 mm.

Tabla 3.8: Características del aspersor.

3.6 Medición de temperatura y humedad

La medición de temperatura se realiza mediante un HMZ-433A1, dicho componente electrónico es un módulo de medición de temperatura y humedad.

Se eligió este dispositivo debido a su precio y precisión. Además de ser altamente compatible con el sistema de control, ya que entrega una resistencia proporcional a la temperatura, con lo que se pueda realizar la caracterización de la siguiente forma.

De la hoja de datos del sensor, conocemos que este se encuentra integrado por un termistor y de acuerdo a la fórmula de STEINHART-HART, tenemos:

$$R = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \quad (a)$$

Donde:

R: es la resistencia eléctrica medida en el instante actual.

R₀: es la resistencia eléctrica de referencia a una temperatura de 25° Celsius.

B: es un coeficiente indicado por el fabricante.

T: es la temperatura en kelvin, en el instante actual.

T₀: es la temperatura de referencia en kelvin.

Por otra parte, sabemos que el microcontrolador posee un convertidor analógico digital, que tiene una resolución de 8 bits, con lo que asigna un valor de 0 a 255 al voltaje que mide, el cual va de 0 a 5 volts. Con lo que obtenemos lo siguiente.

$$\begin{aligned} 0 [V] &= 0 \\ 5 [V] &= 255 \\ V_{salida} &= \text{medición} \end{aligned}$$

De donde:

$$V_{salida} = \frac{(\text{medición})(5)}{255} [V] \quad (b)$$

Apoyándonos en la observación de la figura 3.8, podemos continuar con nuestro análisis, para obtener la medición de la temperatura.

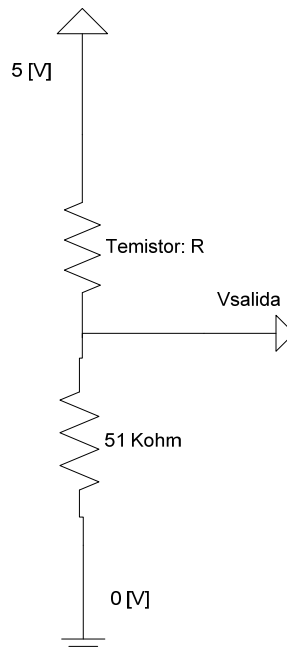


Figura 3.8: Medición voltaje de salida, proporcional a la temperatura.

Aplicando un divisor de voltaje tenemos que:

$$V_{salida} = \frac{(5)(51)}{51 + R} [V] \quad (c)$$

Igualando (b) y (c) y despejando R tenemos:

$$R = \frac{(51)(255)}{medición} - 51 [Kohm] \quad (d)$$

Finalmente igualando (a) y (d) y despejando T:

$$T = \frac{B}{\ln\left(\frac{(255)(51)}{(R_0)(medición)} - \frac{51}{R_0}\right) + \frac{B}{T_0}} [K] \quad (e)$$

Con lo que obtenemos la temperatura en Kelvin, así pues solo falta restar 273.15 y obtenemos la temperatura en grados Celsius.

Por otra parte, como ya se mencionó el módulo HMZ-433A1, también es un sensor de humedad, el cual entrega un voltaje proporcional a la humedad relativa presente en el medio ambiente.

Para obtener la humedad se realizó lo siguiente, como ya sabemos:

$$V_{salida} = \frac{(medición)(5)}{255} [V] \quad (f)$$

Por otra parte de la hoja de datos del sensor sabemos que existe una relación lineal entre la humedad y el voltaje, además el fabricante nos proporciona la tabla 3.9.

Humedad	20	30	40	50	60	70	80	90
Voltaje	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97

Tabla 3.9: Relación lineal entre voltaje y humedad relativa.

Realizando una regresión lineal entre la variable dependiente voltaje (V) y la variable independiente humedad (H), tenemos que:

$$V_{salida} = A(H) + B [V] \quad (g)$$

Donde A y B son constantes determinadas con la ayuda de la tabla anterior.

Igualando (f) y (g) y despejando H:

$$H = \frac{(medición)(5)}{(255)(A)} - \frac{B}{A}$$

Con lo cual se obtiene la humedad en porcentaje.

3.7 Microcontrolador PIC

El cerebro de nuestro huerto familiar automatizado es un microcontrolador PIC16F887, el cual se encarga del control de temperatura, humedad y riego del cultivo.

Variable controlada	Estado	Acción
Temperatura	$T < 15$	Enciende calefacción.
	$15 \leq T \leq 25$	Reposo
	$25 < T$	Enciende ventiladores
Humedad	$H < 40$	Enciende aspersores
	$40 \leq H \leq 90$	Reposo
	$90 < H$	Enciende ventiladores
Riego	$R = \text{tiempo de riego}$	Enciende bomba
	$R \neq \text{tiempo de riego}$	Apaga bomba

Tabla 3.10: Programa de control del Microcontrolador.

El programa que posee el microcontrolador es propio de un sistema embebido, lo que significa que viene pre-programado con rutinas que varían de acuerdo al estado de madurez del cultivo de jitomate, ya que dependiendo de su etapa de desarrollo se necesita cierto número de riegos por día.

Así pues cuando se enciende el sistema de control, este inmediatamente nos indica que ingresemos la hora actual, posteriormente se debe ingresar el periodo de desarrollo de la planta (germinación, fructificación, etc.), con lo cual queda establecido el número de riegos por día, la hora del riego y su duración, y finalmente pasa a un estado donde solo muestra la hora actual, la temperatura actual y la humedad relativa del huerto, al mismo tiempo que realiza las acciones mencionadas en la tabla 3.10.

Por otra parte, el usuario interactúa con el sistema de control, mediante tres botones, el primero realiza la función de reset, el segundo sirve para cambiar de número y el tercer botón se utiliza para seleccionar el número. El usuario visualiza estos cambios mediante un LCD de 16x2.

Cabe señalar que este dispositivo solo se encarga de la etapa de control, puesto que los actuadores funcionan a 110 Vca, debemos agregar un sistema de potencia. El cual se explicará más a detalle en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

Análisis eléctrico y costo del proyecto

4.1 Sistema eléctrico.

4.2 Pastilla termo magnética

4.3 Cable de alimentación

4.4 Etapa de potencia del control del huerto

4.5 Presupuesto y volumen de obra

4.1 Sistema eléctrico

Primeramente, el sistema eléctrico está compuesto por una pastilla termo magnética (ver figura 4.1), el cable de alimentación y la etapa de potencia del control del huerto (ver figura 4.2), la cual trabaja en 110 Vca, a 60 Hz.

Por otra parte, solo se efectúa el cálculo del alimentador principal de energía eléctrica de todo el huerto, los derivados no se determinan, ya que estos son los cables toma corriente correspondientes a cada aparato como lo es la bomba o el ventilador, los cuales ya vienen de fábrica y son de calibre 18.

Todos los cálculos realizados son referentes a la NOM-001-SEMP, relativa a instalaciones destinadas al suministro y uso de energía eléctrica.



Figura 4.1

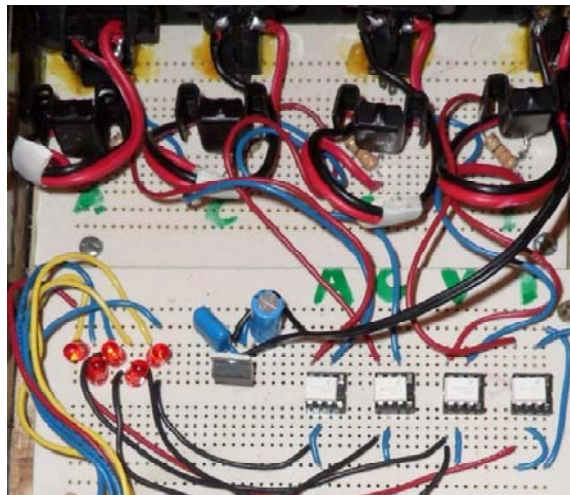


Figura 4.2: Etapa de potencia (MOC, TRIAC).

4.2 Pastilla termo magnética

Para elegir este dispositivo debemos sumar las potencias consumidas por cada equipo utilizado en el huerto, y suponiendo que están trabajando al 100%.

Cargas					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Carga Unitaria en [W]	Total en [W]
1	Bomba	2	Pieza	40	80
2	Calentador	1	Pieza	1000	1000
3	Ventilador	3	Pieza	14	42
4	Contactos	4	Pieza	180	720
				Total	1842 [W]

Tabla 4.1: Potencia total consumida por el huerto.

De acuerdo a la tabla 4.1, calculamos la corriente total que atraviesa al conductor eléctrico.

$$\text{Utilizando la ley de Ohm} \quad I = \frac{P}{V}$$

Donde:

P: es la potencia total consumida en el sistema eléctrico.

V: es el voltaje suministrado por el proveedor de energía eléctrica.

I: es la intensidad de corriente eléctrica al 100% en el sistema eléctrico.

$$I = \frac{1842 [W]}{110 [V]} = 16.74 [A]$$

Aplicando un factor de seguridad de 1.25 (NOM-001-SEMP), se tiene que $I=20.92 [A]$, por lo que se debe elegir el valor comercial inmediatamente superior, entonces seleccionamos una pastilla termo magnética de $1 \times 25 [A]$.

4.3 Cable de alimentación

Para la correcta selección de un conductor eléctrico en baja tensión, debemos considerar principalmente los siguientes aspectos:

- 1) El valor máximo del voltaje que se aplicará.
- 2) La capacidad de conducción de corriente eléctrica.
- 3) El valor máximo de la caída de tensión.

El cálculo del conductor debe de efectuarse de dos maneras: por corriente y por caída de tensión. El resultado que arroje el conductor de mayor sección transversal será el que se seleccione.

Cálculo por corriente

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1842}{110} = 16.74 [A]$$

Donde:

P: potencia aparente en [W].

I: corriente eléctrica en [A].

V: voltaje de fase a neutro en [V].

De acuerdo al cálculo anterior y la tabla 310-16 (ver Anexo A), de capacidad de corriente en conductores aislados de la NOM-001-SEMP, emplearemos el calibre 14.

Por caída de tensión

$$S = \frac{4LI}{eV} = \frac{4 * 20 * 16.74}{3 * 110} = 4.06 [mm^2]$$

Donde:

S: sección transversal del conductor en [mm²].

L: longitud del circuito considerado en [m].

I: corriente eléctrica en [A].

e: caída de tensión en por ciento.

V: voltaje de fase a neutro en [V].

Para nuestro caso $L=20$, es la distancia entre el centro de cargas y el huerto. Además $e\% = 3$, de acuerdo a la norma NOM-001-SEMP, en conductores eléctricos se debe considerar una caída máxima del 3 %.

De acuerdo al cálculo anterior y a la tabla 310-16 (ver Anexo A), de la norma NOM-001-SEMP, se debe elegir el calibre 10.

Como se mencionó, se empleará el cable que tenga la mayor sección transversal, es decir se empleará el cable calibre 10 tipo THW-LS.

4.4 Etapa de potencia del control del huerto

Esta parte del sistema eléctrico, es la encargada de suministrarle la energía eléctrica a los actuadores, en el tiempo que indica el control del huerto. Cabe señalar que el microcontrolador tiene como salida un voltaje de 5 Vcc, por lo que es necesario acondicionar este voltaje para que pueda accionar los actuadores del sistema, los cuales trabajan en 110 Vca. Además de lo anterior la utilización de un opto acoplador, permite llevar a cabo un acoplamiento óptico y un aislamiento eléctrico, como protección de la etapa de control o digital, ya que si ocurre un corto circuito o una variación de voltaje brusca en la etapa de potencia, o cualquier otra anomalía eléctrica, el opto acoplador protege toda la circuitería digital de control.

Con ayuda de un opto acoplador MOC (ver figura 4.3) y con un TRIAC (ver figura 4.4), es como se lleva a cabo el acondicionamiento de la señal de control, para suministrar energía a los actuadores.



Figura 4.3: MOC3010, opto acoplador entre etapa de control y etapa de potencia.

La selección del dispositivo denominado MOC no exige mayor problema, ya que este no tiene contacto alguno con el circuito de carga en Vca. Solo hay que tener en cuenta que se trabaja a 110 Vca. Por lo que se puede utilizar un MOC3010, que de acuerdo a su hoja de datos (características técnicas) está diseñado para trabajar como intermediario entre controles electrónicos (baja potencia) y sistemas controlados por TRIAC de potencia, que alimentan cargas resistivas y/o inductivas, en 110 Vca.

Por el contrario para la selección del TRIAC debemos tener en cuenta la siguiente consideración.

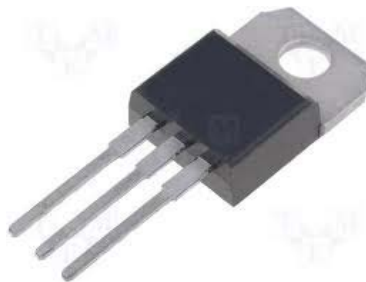


Figura 4.4: TRIAC, interruptor capaz de conmutar la corriente alterna.

Por ejemplo, para el caso de la resistencia eléctrica de la calefacción se tiene que $P=1000$ [W], $V=110$ [V].

Calculamos la corriente eléctrica, de acuerdo a la Ley de Ohm, para obtener el valor nominal de la capacidad del TRIAC que emplearemos, para la operación del sistema de calefacción del huerto familiar.

Calculando:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{110} = 9.1 \text{ [A]}$$

Con un factor de seguridad de 1.25 se tiene que $I=11.4$ [A], por lo tanto debemos seleccionar un TRIAC con una corriente de operación mayor o igual 12 [A].

La selección del resto de TRIAC, que se emplean en el proyecto se resume en la tabla 4.2.

Ítem	Potencia [W]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Corriente TRIAC [A]
Bomba	40	110	0.364	0.455
Resistencia	1000	110	9.091	11.364
Ventilador	14	110	0.127	0.159

Tabla 4.2: Corrientes de operación de los dispositivos utilizados en el huerto.

4.5 Presupuesto y volumen de obra

A continuación, mencionaré los costos y cantidades de los materiales empleados en la implementación del proyecto, los cuales se resumen de manera detallada en la tabla 4.3, donde podemos observar el costo total de cada material utilizado.

NÚMEROS GENERADORES				
ÍTEM	Unidad	Cantidad	Precio unidad (Pesos)	Total (Pesos)
Alambre galvanizado calibre 16	kilogramo	3.1	38	117.8
Alambre Zigzag	kilogramo	2	60.72	121.44
Anillo para tutorado	pieza	60	0.4	24
Aspersor	pieza	2	180	360
Base para circuito integrado de 40 patas	pieza	1	13	13
Base para circuito integrado de 8 patas	pieza	5	4	20
Bomba	pieza	2	300	600
Cable calibre 10	metro	22	30	660
Cable calibre 18	metro	5	15	75
Cable calibre 22	metro	10	5	50
Calentador	pieza	1	400	400
Capacitores	pieza	10	4	40
Cinta para riego	metro	30	5	150
Codo	pieza	3	5	15
Conector tipo T	pieza	10	20	200
Contacto monofásico	pieza	4	40	160
Cople	pieza	2	20	40
Cristal a 20 MHz	pieza	1	10	10
Cristal a 32.768 KHz	pieza	1	11	11
Disipador de calor	pieza	4	8	32
DS1307	pieza	1	14	14
Gancho para tutorado	pieza	60	6	360
HMZ433A1	pieza	1	120	120
Juego de mox 3 vías	pieza	1	20	20
LCD de 16 x 2	pieza	1	160	160
Leds	pieza	5	4	20
LM2937ET	pieza	1	22	22
Malla anti áfidos	metro	2	85	170
MOC3010	pieza	4	11	44
Pastilla termo magnética	pieza	1	150	150
Perfil sujetador	metro	24	26	624
PIC16F887	pieza	1	50	50
Placa fenólica de 14.5 x 7 [cm]	pieza	3	45	135

ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Pesos)	TOTAL (Pesos)
Placa fenólica de 7 x 4.5 [cm]	pieza	2	14	28
Plástico para invernadero	metro	8	130	1040
PTR cuadrado calibre 14	kilogramo	85	17	1445
Push-button	pieza	3	5	15
Q2004L3	pieza	3	24	72
Q2025L6	pieza	1	47	47
Resistencia a 1 [W]	pieza	10	2	20
Resistencia a 1/4 [W]	pieza	20	1	20
Solera de 1/8x1 pulgada	kilogramo	10	16	160
Tapón	pieza	2	20	40
Tornillo de 1/4x1 1/2 pulgada	pieza	115	0.8	92
Tornillo de 1/4x2 1/2 pulgada	pieza	8	1.6	12.8
Tornillo de 1/8x1 1/4 pulgada	pieza	70	0.7	49
Tuerca de ¼	pieza	123	0.3	36.9
Tuerca de 1/8	pieza	70	0.2	14
Ventilador	pieza	3	210	630

Tabla 4.3: Materiales ocupados en la realización del huerto.

Nota: Los precios se encuentran dados en moneda nacional y son referentes a septiembre de 2010.

ÍTEM	Costo en pesos
Números generadores	\$ 8709.94
Costos indirectos	\$ 1306.491
Inversión inicial del proyecto	\$ 10016.431

Tabla 4.4: Presupuesto total.

Nota: Los costos indirectos son aquellos que toman en cuenta el uso de herramientas, maquinaria, energía eléctrica, soldadura, entre otros y que no se puede medir de manera precisa, el costo de su uso o empleo según sea el caso. Según BIMSA REPORTS los gastos indirectos deben de corresponder a un 15 % del costo total de la obra.

Por otra parte de acuerdo al reporte de actividades realizadas (ver Anexo D) en el proceso de construcción del huerto es necesario invertir cerca de 200 horas de trabajo, para finalizar el proyecto. Esto si se trabaja de manera individual.

Dicho lo anterior se debe emplear 50 días, trabajando cuatro horas diarias para que una persona pueda fabricar su propio huerto familiar automatizado. Además de contar con una inversión de 10100.00 pesos, esto si el beneficiario decide realizar el proyecto, sin pagar a un tercero para la fabricación del proyecto.

Así mismo, es necesario hacer hincapié que no se realiza un análisis económico del proyecto, ya que las condiciones del proyecto, están dadas para satisfacer la demanda de jitomate de una familia y si existiría un excedente, este se vendería. Lo cual implica que no se desea obtener un

beneficio económico con la implementación del proyecto. Tal como se había dicho, en el planteamiento del problema.

Ahora bien si se deseará obtener beneficios tendremos que tener en cuenta, que algunos materiales se tienen que remplazar cada cierto tiempo, dentro de los cuales el plástico que cubre al huerto es el que posee el menor promedio de vida útil, con tan solo 5 años. Así pues, realizaremos una breve evaluación económica sobre el proyecto en un periodo de 5 años.

La tabla 4.5 nos muestra los gastos totales que se tienen durante un año. Se debe tomar en cuenta que gastos como la mano de obra y otros no se contemplan, ya que al tratarse de un huerto familiar, los integrantes de dicha familia son los encargados de la implementación, y cuidado del proyecto.

Gastos de materia prima	\$ 2300.00 pesos
Gastos por consumo eléctrico	\$ 3900.00 pesos
Gastos por mantenimiento	\$ 600.00 pesos

Tabla 4.5: Gastos realizados en un año, en el cultivo de jitomate.

Continuando, el único ingreso que se tendría sería el obtenido de la venta de los jitomates, en un año mediante la técnica de cultivo hidropónico en sustrato sólido y bajo las condiciones de nuestro proyecto, se obtienen tres cosechas, donde cada planta produce alrededor de 5 kilos. De acuerdo a las dimensiones del huerto, se puede colocar un máximo de 80 plantas, con lo que se obtendría un total de 1200 kilogramos de jitomate en un año. Si se estima que el precio medio es de \$ 10 pesos a lo largo del año, obtendríamos un ingreso anual de \$ 12000 pesos.

Año	1	2	3	4	5	TOTAL en pesos
Gasto total en pesos	\$ 16900	\$ 6800	\$ 6800	\$ 6800	\$ 6800	\$ 44100
Ingreso en pesos	\$ 12000	\$ 12000	\$ 12000	\$ 12000	\$ 12000	\$ 60000
Saldo en pesos	\$ -4900	\$ 5200	\$ 5200	\$ 5200	\$ 5200	\$ 15900

Tabla 4.6: Gasto e ingreso total, en la implementación del proyecto durante 5 años.

De acuerdo a la tabla 4.6, es hasta el segundo año, donde se comenzaría a obtener beneficios, los cuales serían de \$ 300 pesos. Y al final del periodo de 5 años, obtendríamos un beneficio \$ 15900 pesos.

Conclusiones

Al finalizar el presente trabajo, se plantea una propuesta que cumple con el objetivo trazado al inicio, se desarrolló un sistema que cumple de manera satisfactoria, los requerimientos (humedad, temperatura y riego) que tiene un cultivo de jitomate hidropónico en sustrato sólido, además de brindar la protección adecuada al cultivo, contra los distintos factores climatológicos como lo son el viento, lluvia excesiva, granizo, entre otros.

La propuesta de este huerto familiar, está basada en el diseño conceptual y la simulación de las distintas partes que lo integran, como lo son la estructura a la cual se le hizo un análisis mecánico, mediante software CAD y CAE para la validación de su construcción, en el entorno eléctrico se desarrollaron los cálculos apropiados de acuerdo a norma con el fin de evitar sobre cargas o caídas de tensión que pudiesen generar incendios o anomalías en el funcionamiento de los actuadores del sistema, y referente a la rama de la electrónica y de la computación, se hicieron simulaciones, para verificar el correcto funcionamiento del sistema, de acuerdo a las condiciones y tiempos de ejecución del mismo.

Continuando, este proyecto como se mencionó con anterioridad no busca un beneficio económico o un nuevo desarrollo tecnológico, lo que se desea es la implementación de la tecnología existente, con el fin de mejorar la calidad del medio ambiente, así como mejorar la calidad de la alimentación de los habitantes de mi comunidad. Así pues, se cuenta con una alternativa que utiliza tecnología actual, a un bajo costo y que cualquier persona puede aplicar en su hogar con tan solo leer este trabajo.

Por otra parte, la aplicación del proyecto puede proveer de este alimento (jitomate) a una familia de escasos recursos y además puede vender el excedente, obteniendo un ingreso extra en su economía. Si bien menciono mi comunidad, esto no solo se limita al lugar donde resido, ya que al tratarse de un huerto familiar automatizado, este puede implementarse en cualquier parte de México.

Finalizando, se debe hacer gran énfasis, que para lograr el éxito en la implementación del proyecto, no solo basta con la automatización del huerto, si bien provee a las plantas de un entorno agradable para su desarrollo, este proceso no las protege contra el principal mal que se puede presentar en un invernadero, pues se deben sumar cuidados fitosanitarios, para evitar el desarrollo y propagación de plagas y enfermedades que afectan al cultivo.

Anexo A

TABLA DE CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE EN CONDUCTORES AISLADOS DE LA NOM-001-SEMP-1994

Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal AWGkcmil
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW- 2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	---	---	14	---	---	---	18
1,307	---	---	18	---	---	---	16
2,082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3,307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5,26	30	35*	40*	---	---	---	10
8,367	40	50	55	---	---	---	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500

Anexo B

CÓDIGO DEL PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

```
#include "16f887.h"
#device adc=8
#use delay(clock=2000000)
#fuses hs,nowdt,noput,nobrownout,nolvp,noprotect
#include "math.h"
#include <DS_1307.c>
#include "lcd.c"
#BYTE trisa = 0x85
#BYTE porta = 0x05
#BYTE trisb = 0x86
#BYTE portb = 0x06
#BYTE OPTION_REG = 0x81

voidheure(void);
void minute(void);
voidguardar_hrs(void);
voidguardar_min(void);

int sec;
int min;
inthrs;
int day;
int month;
intyr;
intdown;
char item;
char item1;
char hora = 0;
char minuto = 0;

voidmain (void)
{
floattemperatura,medicion,lectura,humedad;

set_tris_a(0b00001111);
set_tris_b(0b00000000);
portb = 0b00000000;
bit_set(OPTION_REG,7);

lcd_init();
lcd_gotoxy(3,1);
lcd_puts(" Bienvenido");
delay_ms(1000);
lcd_puts("\f");
lcd_gotoxy(6,1);
lcd_puts("Control");
lcd_gotoxy(4,2);
lcd_puts("Invernadero");
delay_ms(1000);
lcd_puts("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
lcd_puts("Introduce la\n");
lcd_puts("hora actual");
delay_ms(1000);
lcd_puts("\f");

while ((hora<1)&&(minuto<1))
{
heure ();
lcd_puts("\f");
minute ();
lcd_puts("\f");
delay_ms(50);
}
ds1307_init();
ds1307_set_date_time(10,8,10,2,hrs,min,00);

while (1)
{
setup_port_a(all_analog);
setup_adc(adc_clock_internal);

set_adc_channel (3);
delay_us (20);
medicion = read_adc ();
temperatura = 3950/(log ((260.1/medicion)-1.02)+13.24836492) -276.15;
if (temperatura< 15)

{bit_set(portb,5);
bit_clear(portb,6);
}
else if ((temperatura>= 15) && (temperatura<= 25))
{bit_clear(portb,5);
bit_clear(portb,6);
}
else {bit_set(portb,6);
bit_clear(portb,5);
}
set_adc_channel(2);
delay_us (20);
lectura = read_adc ();
//medad = lectura*(0.14809554)-0.0174936;
humedad = lectura*(0.5941770647)+0.00000001;
if (humedad< 40)
bit_set(portb,0);
else if ((humedad>= 40) && (humedad<= 90))
{bit_clear(portb,0);
bit_clear(portb,1);
}
elsebit_set(portb,1);

lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc, "T=%02.1f",temperatura);
lcd_gotoxy(10,2);
printf(lcd_putc,"H=%02.1f",humedad);
delay_ms (1000);
ds1307_get_date(day,month,yr,dow);
ds1307_get_time(hrs,min,sec);
if ((sec >= 5) &&(sec <=15)&&(min == 0))
bit_set(portb,7);
else if ((sec >= 20) && (sec <=25)&&(min == 0))
bit_set(portb,7);
else if ((sec >= 5) && (sec <=15)&&(min == 1))
bit_set(portb,7);
else if ((sec >= 5) && (sec <=15)&&(min == 2))
bit_set(portb,7);
else if ((sec >= 5) && (sec <=15)&&(min == 3))
bit_set(portb,7);
elsebit_clear(portb,7);
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"%f%02d:%02d:%02d ",hrs,min,sec);
}
}

voidheure()
{
cham_menus = 24;
while (hora<1)
{
if (input(PIN_A0) == 1)
{
item++;
delay_ms(500);
lcd_puts("\f");
}
if (item > (n_menus-1))
{item = 0; }

lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc, "HORA");
lcd_gotoxy(1,2);

switch (item)
{
case 0:
printf(lcd_putc, "0");
guardar_hrs ();
break;
case 1:
printf(lcd_putc, "1");
guardar_hrs ();
break;
case 2:
printf(lcd_putc, "2");
guardar_hrs ();
}
}
}
```

```

break;
case 3:
printf(lcd_putc, "3");
guardar_hrs ();
break;
case 4:
printf(lcd_putc, "4");
guardar_hrs ();
break;
case 5:
printf(lcd_putc, "5");
guardar_hrs ();
break;
case 6:
printf(lcd_putc, "6");
guardar_hrs ();
break;
case 7:
printf(lcd_putc, "7");
guardar_hrs ();
break;
case 8:
printf(lcd_putc, "8");
guardar_hrs ();
break;
case 9:
printf(lcd_putc, "9");
guardar_hrs ();
break;
case 10:
printf(lcd_putc, "10");
guardar_hrs ();
break;
case 11:
printf(lcd_putc, "11");
guardar_hrs ();
break;
case 12:
printf(lcd_putc, "12");
guardar_hrs ();
break;
case 13:
printf(lcd_putc, "13");
guardar_hrs ();
break;
case 14:
printf(lcd_putc, "14");
guardar_hrs ();
break;
case 15:
printf(lcd_putc, "15");
guardar_hrs ();
break;
case 16:
printf(lcd_putc, "16");
guardar_hrs ();
break;
case 17:
printf(lcd_putc, "17");
guardar_hrs ();
break;
case 18:
printf(lcd_putc, "18");
guardar_hrs ();
break;
case 19:
printf(lcd_putc, "19");
guardar_hrs ();
break;
case 20:
printf(lcd_putc, "20");
guardar_hrs ();
break;
case 21:
printf(lcd_putc, "21");
guardar_hrs ();
break;
case 22:
printf(lcd_putc, "22");
guardar_hrs ();
break;
case 23:
printf(lcd_putc, "23");
guardar_hrs ();
break;
}
if (input(PIN_A1) == 1)
delay_ms(500);
}
}

voidguardar_hrs()
{
if (input(PIN_A1)==1)

```

```

{
hora++;
delay_ms(500);
hrs=item;
}
}
void minute ()
{
char n_menus1 = 60;

while (minuto<1)
{
if (input(PIN_A0) == 1)
{
item1++;
delay_ms(500);
lcd_putc('\f');
}
if (item1 > (n_menus1-1))
{item1 = 0; }

lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc, "MINUTO");
lcd_gotoxy(1,2);
switch (item1)
{
case 0:
printf(lcd_putc, "0");
guardar_min ();
break;
case 1:
printf(lcd_putc, "1");
guardar_min ();
break;
case 2:
printf(lcd_putc, "2");
guardar_min ();
break;
case 3:
printf(lcd_putc, "3");
guardar_min ();
break;
case 4:
printf(lcd_putc, "4");
guardar_min ();
break;
case 5:
printf(lcd_putc, "5");
guardar_min ();
break;
case 6:
printf(lcd_putc, "6");
guardar_min ();
break;
case 7:
printf(lcd_putc, "7");
guardar_min ();
break;
case 8:
printf(lcd_putc, "8");
guardar_min ();
break;
case 9:
printf(lcd_putc, "9");
guardar_min ();
break;
case 10:
printf(lcd_putc, "10");
guardar_min ();
break;
case 11:
printf(lcd_putc, "11");
guardar_min ();
break;
case 12:
printf(lcd_putc, "12");
guardar_min ();
break;
case 13:
printf(lcd_putc, "13");
guardar_min ();
break;
case 14:
printf(lcd_putc, "14");
guardar_min ();
break;
case 15:
printf(lcd_putc, "15");
guardar_min ();
break;
case 16:
printf(lcd_putc, "16");
guardar_min ();
break;

```

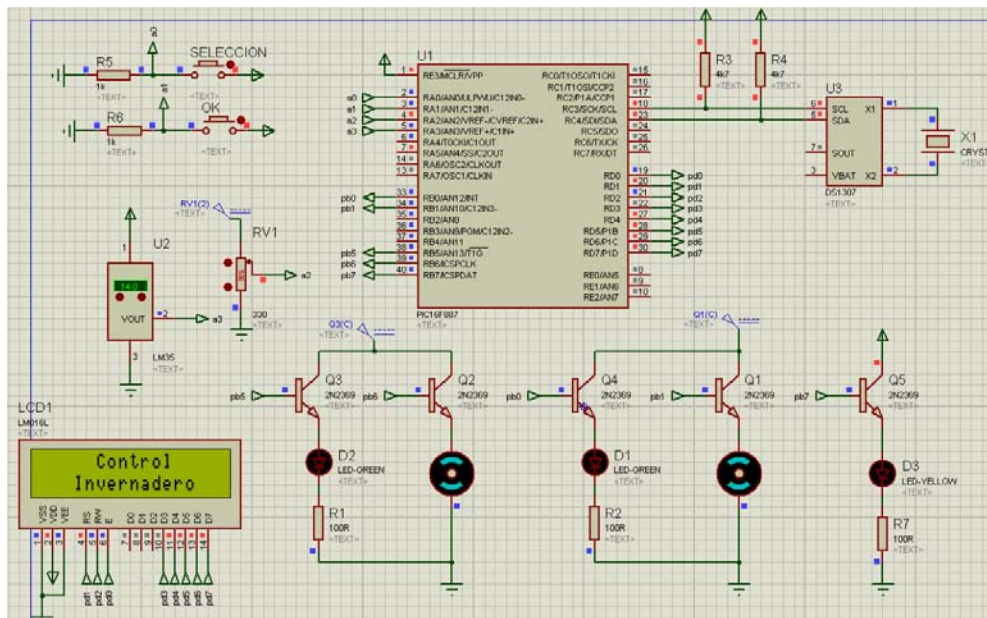
```

case 17:
printf(lcd_putc, "17");
guardar_min ();
break;
case 18:
printf(lcd_putc, "18");
guardar_min ();
break;
case 19:
printf(lcd_putc, "19");
guardar_min ();
break;
case 20:
printf(lcd_putc, "20");
guardar_min ();
break;
case 21:
printf(lcd_putc, "21");
guardar_min ();
break;
case 22:
printf(lcd_putc, "22");
guardar_min ();
break;
case 23:
printf(lcd_putc, "23");
guardar_min ();
break;
case 24:
printf(lcd_putc, "24");
guardar_min ();
break;
case 25:
printf(lcd_putc, "25");
guardar_min ();
break;
case 26:
printf(lcd_putc, "26");
guardar_min ();
break;
case 27:
printf(lcd_putc, "27");
guardar_min ();
break;
case 28:
printf(lcd_putc, "28");
guardar_min ();
break;
case 29:
printf(lcd_putc, "29");
guardar_min ();
break;
case 30:
printf(lcd_putc, "30");
guardar_min ();
break;
case 31:
printf(lcd_putc, "31");
guardar_min ();
break;
case 32:
printf(lcd_putc, "32");
guardar_min ();
break;
case 33:
printf(lcd_putc, "33");
guardar_min ();
break;
case 34:
printf(lcd_putc, "34");
guardar_min ();
break;
case 35:
printf(lcd_putc, "35");
guardar_min ();
break;
case 36:
printf(lcd_putc, "36");
guardar_min ();
break;
case 37:
printf(lcd_putc, "37");
guardar_min ();
break;
case 38:
printf(lcd_putc, "38");
guardar_min ();
break;
case 39:
printf(lcd_putc, "39");
guardar_min ();
break;
case 40:
printf(lcd_putc, "40");
guardar_min ();
break;
case 41:
printf(lcd_putc, "41");
guardar_min ();
break;
case 42:
printf(lcd_putc, "42");
guardar_min ();
break;
case 43:
printf(lcd_putc, "43");
guardar_min ();
break;
case 44:
printf(lcd_putc, "44");
guardar_min ();
break;
case 45:
printf(lcd_putc, "45");
guardar_min ();
break;
case 46:
printf(lcd_putc, "46");
guardar_min ();
break;
case 47:
printf(lcd_putc, "47");
guardar_min ();
break;
case 48:
printf(lcd_putc, "48");
guardar_min ();
break;
case 49:
printf(lcd_putc, "49");
guardar_min ();
break;
case 50:
printf(lcd_putc, "50");
guardar_min ();
break;
case 51:
printf(lcd_putc, "51");
guardar_min ();
break;
case 52:
printf(lcd_putc, "52");
guardar_min ();
break;
case 53:
printf(lcd_putc, "53");
guardar_min ();
break;
case 54:
printf(lcd_putc, "54");
guardar_min ();
break;
case 55:
printf(lcd_putc, "55");
guardar_min ();
break;
case 56:
printf(lcd_putc, "56");
guardar_min ();
break;
case 57:
printf(lcd_putc, "57");
guardar_min ();
break;
case 58:
printf(lcd_putc, "58");
guardar_min ();
break;
case 59:
printf(lcd_putc, "59");
guardar_min ();
break;
}
if (input(PIN_A1) == 1)
delay_ms(500);
}
}
void guardar_min ()
{
if (input(PIN_A1)==1)
{
minuto++;
delay_ms(500);
min=item1;
}
}
}

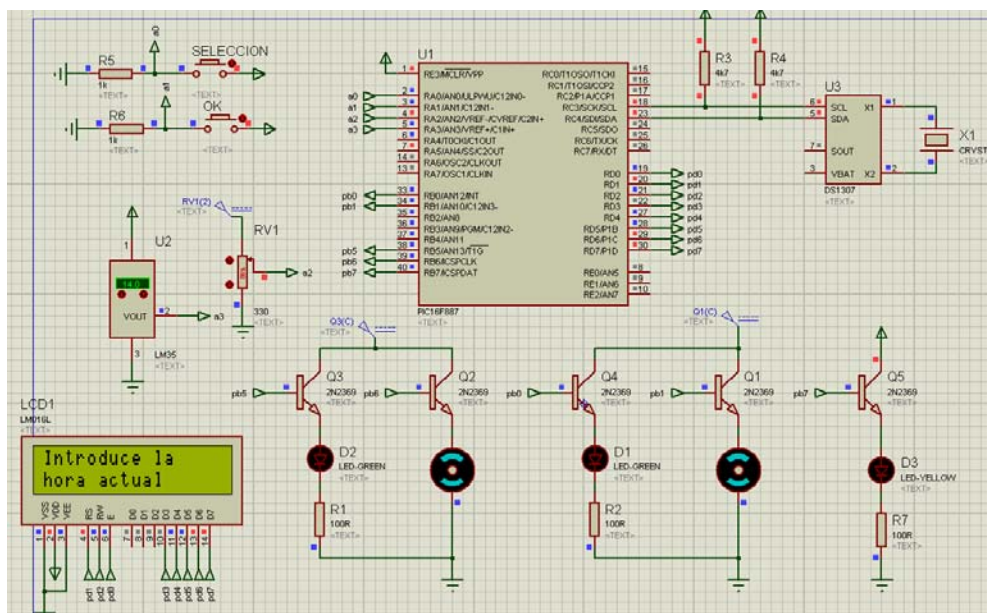
```

Anexo C

SIMULACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RIEGO



Presentación del sistema.



Inicio de petición de datos.

Anexo D

BITÁCORA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

FECHA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
14/05/2010	Siembra de semillas.	Las semillas de jitomate bola fueron puestas en vasos de plástico algunas de ellas en tierra común y otras en tezontle negro.	Los vasos se colocaron en una tina tapada con un vidrio polarizado.
22/05/2010	Germinación semillas.	Brotaron las primeras plántulas.	Germinación precoz debido al cuidado de temperatura y humedad, lo normal es que la semilla germine de 12 a 15 días después de su siembra.
26/05/2010	Inicio de riego con solución nutritiva.	De acuerdo a lo investigado se inició con la mezcla de micronutrientes y macronutrientes para composición de la solución.	La altura promedio de las plántulas es de aproximadamente 2 cm. A una semana de la germinación.
28/05/2010	Inicio de construcción de la estructura.	Se trabaja con PTR calibre 14, el cual se corta con un arco con segueta y se perfora con un taladro de 500 watt, es toda la herramienta que se utiliza, además de un metro, escuadra y brocas.	Se trabaja aproximadamente tres horas diarias.
07/06/2010	Fin de construcción de la estructura del invernadero.	Además de trabajar con PTR se utiliza solera de 1 x 1/8 de pulgada para las uniones.	Se emplearon alrededor de 33 horas de trabajo.
08/06/2010	Desarme de la estructura del invernadero.	Se realiza esta operación para pintar cada una de las partes de la estructura y posteriormente trasladarlas al sitio, donde se instalará el invernadero.	Se necesitan dos personas para llevar a cabo esta tarea y dos horas.
09/06/2010	Primera mano de pintura.	Se emplea pintura negra, con el fin de evitar la corrosión del metal de la estructura.	Tres horas de trabajo y un día como mínimo para el secado de la pintura.
12/06/2010	Segunda mano de pintura.	Se emplea pintura negra, con el fin de evitar la corrosión del metal de la estructura.	Esta tarea es opcional, con una sola mano es suficiente.
15/06/2010	Inicio de lavado del sustrato.	Se debe lavar el tezontle negro y desinfectar con cloro dejando reposar las piedras durante 10 minutos y posteriormente lavar con agua abundante.	Dejar secar el sustrato para que el cloro se evapore y no dañe las plantas.
17/06/2010	Acondicionamiento de la azotea para la colocación del invernadero.	Se limpia de cualquier material u objeto que pueda dañar o interferir con la instalación y desarrollo del invernadero.	Se recomienda un lugar con sol abundante durante todo el día.
19/06/2010	Armado de la estructura del invernadero en la azotea.	Con ayuda de una llave española y unas pinzas mecánicas se realiza el apretado de cada una de las piezas, además de un nivel para verificar la postura recta de las partes.	Se necesitan dos personas para llevar a cabo esta tarea y cuatro horas.
21/06/2010	Inicio de colocación del plástico para invernadero.	No se necesita herramienta alguna, el plástico se asegura mediante presión entre el unicanal y alambre zigzag.	Dos personas para realizar la tarea y cuatro horas.
22/06/2010	Fin de colocación del plástico para invernadero.	Se debe colocar pedazos de cartón en las partes que se considere que la estructura pueda romper el plástico.	Evitar que el plástico se cuegue.
24/06/2010	Inicio de llenado de bolsas de cultivo con sustrato previamente lavado.	Se procede a llenar las bolsas de cultivo con el tezontle previamente lavado y secado.	El contenido de una bolsa es de aproximadamente 8 litros.
25/06/2010	Inicio de trasplante.	Se colocan las plántulas en las bolsas de cultivo, una vez realizada la operación se procede a llenar la bolsa con solución nutritiva.	Se debe realizar en la tarde, para que la planta pueda recuperarse, de la deshidratación producida por el cambio de suelo.
27/06/2010	Se alcanza la mitad del objetivo en cuanto a plántulas trasplantadas de un total de 60.	En un espacio de 6 x 3 metros se tienen planeado introducir 60 plantas, de las cuales 33 ya se encuentran en su sitio, se tiene estimado que a más tardar en una semana se complete la cantidad, con lo que se dará por finalizada la etapa en bruto, teniendo que	Las hortalizas trasplantadas parecen adaptarse de buena forma, en algunos casos se observa, un crecimiento destacado.

		iniciar con la fase de automatización.	
09/07/2010	Se termina el proceso de trasplante.	Se colocan plantas separadas 40 cm aproximadamente, entre sí, con pasillos de 50 cm.	Se produjo un retraso en el tiempo estimado de finalización de esta tarea, debido al mal clima, el cual no permitía el secado del sustrato.
18/07/2010	Colocación del sistema de tutoreo.	Consta de ganchos envueltos por rafia agrícola, con tratamiento UV, la cual servirá como soporte, en lugar de los postes de uso común.	Tiempo estimado de trabajo 6 horas.
08/09/2010	Primer corte de jitomate.	El corte se realiza cuando los jitomates se encuentran totalmente rojos. Aproximadamente se cortaron 10 kilos.	Las medidas de los jitomates son de 6 a 3 centímetros de circunferencia.
14/09/2010	Segundo corte.	Se cortaron alrededor de 20 kilos, todos de buen tamaño.	La talla de los jitomates es del orden de los 6 centímetros.
21/09/2010	Tercer corte.	La cosecha fue de 40 kilos.	Disminuyo el tamaño de los jitomates, pero aumento el número de los mismos.
29/09/2010	Cuarto corte.	Se obtuvieron 30 kilos de jitomate.	Se empieza a observar fatiga en las plantas.
09/10/2010	Último corte.	La última cosecha alcanzo los 20 kilos.	Algunas plantas comienzan a secarse, y otras empiezan a florear nuevamente.
25/10/2010	Limpieza del invernadero.	Se decide arrancar las plantas restantes, para introducir un nuevo lote de plantas. Además se debe acondicionar el huerto para automatización del mismo.	Se hace una renovación de plantas, ya que su producción disminuye más del 50% para una segunda cosecha.
27/10/2010	Instalación del sistema de riego, para control de humedad y automatización del riego.	Se arma la tubería y se monta en su lugar, así como la bomba y los aspersores.	Tiempo aproximado 10 horas. Solo se emplea una persona.
29/10/2010	Instalación de la calefacción y de los ventiladores, para el control de temperatura y humedad.	Se fijan los dispositivos empleados y se realizan las conexiones eléctricas al mando central.	Tiempo requerido 10 horas. Una persona requerida para este trabajo.
03/11/2010	Puesta en marcha del huerto familiar automatizado.	Se provee de energía eléctrica al invernadero y se siembran las nuevas plantas de jitomate.	Dos horas de trabajo y una persona son necesarias para realizar esta actividad.

Bibliografía

ABAD, M. y NOGUERA, P. Los sustratos en los cultivos sin suelo. 2ª edición. Madrid, España. Mundi-Prensa, 2000.

ASKELAND, Donald R. y PHULÉ, Pradeep P. Ciencia e ingeniería de los materiales. 4ª edición. México D.F., México. Thomson, 2006.

BEER, Ferdinand P., JOHNSTON, Russell E., DEWOLF, John T. Mecánica de materiales. 4ª edición. China. McGraw-Hill, 2007.

BOLTON, William. Mecatrónica sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. 3ª edición. México D.F., México. Alfaomega, 2006.

CAMARENA, Pedro. Instalaciones eléctricas industriales. 2ª edición. México D.F., México. CEDSA, 2008.

CASTILLA, N. Invernaderos de plástico, tecnología y manejo. Madrid, España. Mundi-Prensa, 2005.

DORF, Richard C. y SVOBODA, James A. Circuitos eléctricos. 6ª edición. México D.F., México. Alfaomega, 2006.

MANDADO Pérez, Enrique y MANDADO Rodríguez, Yago. Sistemas electrónicos digitales. 9ª edición. México D.F., México. Alfaomega, 2008.

MAROTO, J.V. Elementos de horticultura general. Madrid, España. Mundi-Prensa, 2000.

SAMPERIO, G. Hidroponía básica. México D.F., México. Diana, 2007.

URRESTARAZU, M. Manual del cultivo sin suelo. Almería, España. Servicio de publicaciones Universidad de Almería, 1997.

VALDES Martínez, Ramón. Propuesta de innovación para la producción del tomate rojo para el municipio de Zinapécuaro Michoacán. Tesis (Maestría en ciencias con especialidad en sistemas). México D.F., México. Instituto Politécnico Nacional, 2007.

HYDROENVIRONMENT. Cultivo hidropónico. [En línea]
<<http://www.hydroenvironment.com.mx>>
[Consulta: septiembre 2010]

SAGARPA. Estadísticas. [En línea]
<<http://www.sagarpa.gob.mx>>
[Consulta: septiembre 2010]

WIKIPEDIA. Solanum lycopersicum. [En línea]
<<http://es.wikipedia.org/wiki/jitomate>>
[Consulta: septiembre 2010]

Citas

[1] SMITH, Andrew F. The tomato in America: early history, culture, and cookery, Columbia, S.C, Estados Unidos de América. University of South Carolina Press, 1994.

[2] PERALTA, I.E. and D.M. Spooner, History origin and early cultivation of tomato (Solanaceae), 2ª edición, Enfield, Estados Unidos de América. Science Publishers, 2007.

[3] CANOVAZ, F. Díaz, J.R., Cultivos sin suelo. Almería, España. Instituto de Estudios Almerienses, 1993.

[4] HYDROENVIRONMENT. Cultivo hidropónico. [En línea]
<<http://www.hydroenvironment.com.mx>> [Consulta: septiembre 2010]

[5] HYDROENVIRONMENT. Cultivo hidropónico. [En línea]
<<http://www.hydroenvironment.com.mx>> [Consulta: septiembre 2010]

[6] HYDROENVIRONMENT. Cultivo hidropónico. [En línea]
<<http://www.hydroenvironment.com.mx>> [Consulta: septiembre 2010]

[7] MANUAL DEL PARTICIPANTE, Cultivo de jitomate con hidroponía. [En línea]
<http://www.sra.gob.mx/cultivo_jitomate_hidroponia.pdf> [Consulta: octubre 2010]

[8] MANUAL DEL PARTICIPANTE, Cultivo de jitomate con hidroponía. [En línea]
<http://www.sra.gob.mx/cultivo_jitomate_hidroponia.pdf> [Consulta: octubre 2010]

[9] MANUAL DEL PARTICIPANTE, Cultivo de jitomate con hidroponía. [En línea]
<http://www.sra.gob.mx/cultivo_jitomate_hidroponia.pdf> [Consulta: octubre 2010]

[10] MANUAL DEL PARTICIPANTE, Cultivo de jitomate con hidroponía. [En línea]
<http://www.sra.gob.mx/cultivo_jitomate_hidroponia.pdf> [Consulta: octubre 2010]