

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE TECNOLOGIA
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES



NIVEL TÉCNICO UNIVERSITARIO SUPERIOR
PROYECTO DE GRADO TÉCNICO
AUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO

Postulante: Eloy Nahum Capcha Mamani

Tutor: Lic. Julia Torrez Soria

La Paz - Bolivia

2015

AGRADECIMIENTOS

La Universidad:

Agradecer a todas las autoridades de la Universidad Mayor de San Andrés, a la facultad y a mi carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, quienes se preocuparon de hacer surgir esta institución; a todos los distinguidos docentes que me inculcaron sus enseñanzas, agradecer a mis compañeros que me apoyaron y a mi familia.

DEDICATORIA

Este trabajo de Proyecto de Grado dedico a mi papá Gerónimo Capcha, a mi mamá Justina Mamani. Quienes me han dado la educación con tanto sacrificio, para ellos la vida era que sus hijos estudien, así hoy se logra los sueños trazados de mis padres.

También dedico a toda mi familia, a mis hermanos, hermanas, a mi esposa y a mis queridos hijos, Elmer Capcha y Wayra Capcha.

INDICE GENERAL

Capítulo I	INTRODUCCION	pagina
1.	Descripción del proyecto	5
2.	Planteamiento central del problema	6
3.	Objetivos del proyecto	6
3.1.	Objetivo general	7
3.2.	Objetivo específicos	7
4.	Justificación del proyecto	7
5.	Alcance y limitaciones	8
6.	Metodología	8
Capítulo 2	MARCO TEORICO	
2.1	Introducción	9
2.2	Tipos de cultivo	10
2.3	Características de un invernadero para su diseño	12
2.4	Tipos de Invernadero y su construcción	25
2.4.1	Invernadero Plano o Tipo Parral	26
2.4.2	Invernadero en Raspa y Amagado	28
2.4.3	Invernadero Asimétrico o Inacral	30
2.4.4	Invernadero de Capilla	31
2.4.5	Invernadero de Doble Capilla	32
2.4.6	Invernadero Túnel o Semicilíndrico	32
2.4.7	Invernaderos de Cristal o Tipo Venlo	33
2.5	Descripción de los Sistemas	35
2.5.1	Riego	35
2.5.2	Fertirrigación	36
2.5.3	Hidroponia	36
2.5.3.1	Sustrato	36
2.5.4	Calefacción	37
2.5.5	Humidificación	38
2.5.6	Iluminación	39
2.5.7	CO ₂	39
Capítulo 3	INGENIERIA DE PROYECTO	
3.1	Introducción	41
3.2	Descripción General	41
3.3	Diagrama de Bloques	42
3.3.1	Microcontrolador	42
3.3.2	Detector de Humedad	42
3.3.3	Sensor de Humedad	43
3.3.4	Sensor de Temperatura	43
3.3.5	Fuente de Alimentación DC	43
3.3.6	Pantalla LCD	43

3.3.7 Sistema de Calefacción	44
3.3.8 Sistema de Ventilación	44
3.3.9 Sistema de Riego	44
3.4 Aplicabilidad de Sistema Invernadero Automático	44
3.4.1 Software de configuración del sistema	44
3.4.2 MikroBasic PRO For PIC Herramienta del desarrollo	45
3.4.3 Programa en MikroBasic PRO For Pic	47
3.5 Hardware del sistema	49
3.5.1 Microcontrolador	49
3.5.2 Salidas Digitales	50
3.5.3 Etapa de Potencia	51
3.5.4 Etapa de temperatura	51
3.6 Sistema de Humedad y Riego	52

Capítulo 4 COSTOS DE COMPONENTES

4.1 Costos de materiales electrónicos	55
4.1.1 En la etapa de interfaz de salida digital y de potencia	55
4.1.2 Etapa de temperatura	55
4.1.3 Interfaz del sistema de humedad y riego	55
4.2 Costo de materiales	55
4.3 Costo Total	56

Capítulo 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFIA	59

Capítulo I

INTRODUCCION

1. Descripción del proyecto

En el presente proyecto busca una solución práctica a las grandes necesidades de optimizar los recursos agrícolas en nuestro país. El tema es interesante ya que interactúa con las diferentes áreas como son: electrónica básica y el control industrial.

En este trabajo se pretende mejorar de una manera más eficiente los sistemas del invernadero ya existentes, además de sugerirle al agricultor una mejor opción de cultivo, ya que puede optimizar al máximo sus recursos.

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas. Como lo dice su etimología In-dentro y ver-primavera, que conjugado significa primavera dentro.

La característica del invernadero se compara con la producción acampo abierto, es la presencia de una barrera entre el cultivo y el ambiente externo. Esta barrera crea un microclima en el interior (temperatura, humedad relativa, CO₂, cantidad y calidad de luz) que protege contra viento, lluvia, plagas, enfermedades y animales; además permite aplicar efectivamente el control biológico para proteger el cultivo. Todas estas características hacen que la producción en el ambiente protegido tenga rendimientos más altos que en el campo abierto.

El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de primera calidad y mayores rendimientos, en cualquier época del año, a la vez que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles y obteniéndose mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando la estructura del invernadero, los sistemas de

riego y fertilización, los sistemas de gestión del clima, que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y de la calidad del producto final.

El invernadero, su cultivo, y su administración forman un sistema. Un modelo es una representación simplificada de estos sistemas. El conjunto de expresiones matemáticas que describen el comportamiento del invernadero constituyen lo que se llama un modelo climático.

La formulación de modelos climáticos permite predecir el comportamiento de las diferentes variables que integran el agro sistema del invernadero, para condiciones climáticas específicas de cada región; y sus interacciones. Sin embargo, la modelación matemática del ambiente físico en nuestro país es muy escasa, debido a que la tecnología de producción en invernadero es relativamente nueva, por lo que hay una gran necesidad de generarla.

Para el mejoramiento de los sistemas y una automatización más eficiente se requiere de un buen controlador. En este caso se utilizará el controlador lógico programable en sus cifras en inglés PIC que es un dispositivo electrónico diseñado para controlar y automatizar procesos industriales, esto quiere decir que tiene aplicaciones industriales específicas más que otros dispositivos.

Este dispositivo satisfaga las necesidades requeridas para la automatización del invernadero teniendo un control más preciso del clima.

2. Planteamiento central del problema

Un problema que tienen los invernaderos que no están automatizados es el desperdicio de energía eléctrica, al no tener una estrategia de control de los rangos superiores e inferiores de las variables. Este trabajo se encargará de establecer los rangos para el encendido y el apagado de los sistemas.

3. Objetivos del proyecto

3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de control de las principales variables de un invernadero que en este caso son: Temperatura, Humedad Relativa, Humedad del suelo y del riego. Manteniendo los valores de estas variables en los rangos recomendados. Teniendo un sistema de bajo costo y que requiera poco mantenimiento con la ayuda de un microcontrolador.

3.2. Objetivo específicos

Se pretenden controlar las principales variables en un invernadero que son: temperatura, humedad relativa y riego, mediante los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar un sistema de automatización por medio del microcontrolador.
- Construir el sistema de control con materiales de bajo costo.
- Mejorar los sistemas existentes en el invernadero.
- Obtener un mejor control en los rangos de las variables para tener un rendimiento óptimo.
- Lograr un ahorro considerable de agua y electricidad.

4. Justificación del proyecto

La agricultura es una actividad de gran importancia estratégica como base fundamental para el desarrollo autosuficiente y riqueza de las naciones. Todas las actividades económicas que abarca la agricultura, tienen su fundamento en la explotación del suelo de los recursos que este origina en forma natural o por la acción del hombre.

El clima terrestre es caótico y complejo. Se debe a una multiplicidad de factores en los que el Hombre no tiene influencia sustancial alguna. Esto afecta de manera directa a los diferentes tipos de cultivos.

En las décadas siguientes, la agricultura deberá afrontar, por una parte, una demanda creciente en alimentos y materias primas básicas, y a la necesidad de utilizarlos recursos sin causar degradación o agotamiento del ambiente. Las civilizaciones generalmente han

prosperado durante los periodos de clima benigno, incluso muchas fueron incapaces de optimizar sus prácticas agrícolas para ayudar al control del sistema natural; por ello la historia documenta la caída de los sistemas socioeconómicos que no tuvieron capacidad para responder a los cambios del clima o en los recursos de agua y suelo.

Se tiene muchas ventajas al tener cultivos bajo invernadero, esto evita los cambios bruscos del clima como la variación de temperatura, la escasez o exceso de humedad. También se puede producir cultivos en las épocas del año más difíciles teniendo cosechas fuera de temporal, sustituyendo el clima de otras regiones y alargando el ciclo del cultivo. Otra de las ventajas es el de obtener productos de mejor calidad y una mayor producción en la cosecha, y así incrementar la economía.

5. Alcance y limitaciones

El proyecto por su innovación en su aplicación tendrá un alcance local, regional y nacional siendo este un modelo como prototipo para las aplicaciones en el ámbito de la producción de cultivos de verduras y otros vegetales en nuestro medio donde es difícil de producir.

En cuanto a las limitaciones el proyecto solo será en pequeña escala esto por la demostración que llevara realizar en los lugares destinados para este tipo de proyectos destinados a la producción agraria.

6. Metodología

El proyecto empleara los métodos de investigación científica y experimental, al mismo tiempo se emplearan las técnicas para la información documental (fuentes y trabajos) Técnicas para la investigación de campo

Capítulo 2

MARCO TEORICO

2.1 Introducción

Un invernadero es un espacio con el microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una plantación específica. Partiendo de un estudio técnico de ambientación climática, es necesario obtener en él, la temperatura, la humedad relativa y la ventilación apropiadas para alcanzar alta productividad a bajo costo, en menos tiempo, sin daño ambiental, protegiendo al cultivo de lluvias, granizo, heladas, insectos o excesos de viento perjudiciales.

Un **microclima** es un entorno o ámbito reducido que tiene diferentes condiciones ambientales a las encontradas en la misma área. Por ejemplo, un microclima puede existir cerca de una enorme piedra; porque, al calentarse con la luz solar, la piedra emite calor y, consecuentemente, la temperatura a su alrededor es más alta que la del área localizada a distancia; la piedra, así, define el contorno de un microclima. De igual forma, la sombra producida por un árbol puede considerarse como microclima, porque la temperatura debajo de un árbol es diferente a la del área en donde éste no provee sombra. También podemos encontrar construcciones hechas por el hombre en las cuales se crean microclimas artificiales una heladera, un horno, una pecera, un invernadero. Un microclima puede estar tipificado, también, por elementos topográficos, acción del calor, temperatura media anual, humedad, lluvias y vientos, altura sobre el nivel del mar, hidrografía, naturaleza del suelo, potencial electromagnético, espacio atmosférico

Las ventajas del empleo de invernaderos son:

- Producción fuera de época.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.
- Aumento de la calidad y del rendimiento.
- Precocidad en los frutos.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejora del control de insectos y enfermedades.

La elección de un tipo de invernadero se concreta en función de una serie de factores:

- Tipo de suelo: Se eligen suelos con buen drenaje y alta calidad –aunque, con los sistemas modernos de fertirriego, es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o con sustratos artificiales.
- Topografía: Son preferibles aquellos lugares con poca pendiente.
- Vientos: Es importante la dirección, la intensidad y la velocidad de los vientos dominantes.
- Exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo.
- Características climáticas de la zona o del área geográfica donde va a construirse.
- Disponibilidad de mano de obra (factor humano).
- Imperativos económicos locales (mercado y comercialización).

Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atiende a determinadas características de sus elementos constructivos:

- según su perfil externo.
- según su fijación o movilidad.
- según el material de cubierta.
- según el material de la estructura.

2.2 Tipos de cultivo

Cuando una planta no resulta productiva es porque ha tenido problemas de exceso o falta de humedad, de exceso o falta de temperatura, de exceso o falta de ventilación, de exceso o falta de luminosidad; es decir, porque ha tenido problemas derivados de la humedad, la temperatura, la iluminación, dados en forma independiente o bien por combinación de dos o más de ellos. Si consideramos que las plantas son seres vivos, no podemos dejar a la improvisación un aspecto tan clave como su microclima. Si en el espacio cerrado no creamos un microclima favorable al desarrollo de las plantas, la productividad va a reducirse.

Cada planta tiene un rango de temperaturas y de humedad relativa dentro del cual producen

eficientemente; por debajo o por encima de este rango, las plantas se estresan y su productividad declina. Existen, también, niveles de tolerancia a partir de los cuales seos cuales se detiene el proceso fotosintético.

La **fotosíntesis** es un proceso biológico. Durante la reacción, el dióxido de carbono (CO₂) es absorbido por las hojas y, junto con el agua (H₂O) que es absorbida por las raíces, en presencia de luz, se produce glucosa (C₆H₁₂O₆) y oxígeno (O₂), que es emitido al aire.



La glucosa es un azúcar, base de los alimentos para las plantas mismas y para los herbívoros

La expresión humedad relativa del aire se refiere al porcentaje de vapor de agua contenido en el aire. En vista de que su fuente normal está localizada en la superficie de la Tierra, el vapor de agua de la atmósfera está, casi siempre, fuertemente concentrado en las capas bajas de la troposfera; y, normalmente, alrededor del 50% del contenido total se encuentra por debajo de los 2000 metros. La humedad relativa es una medida del contenido de humedad del aire y, de esta forma, es útil como indicador de evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. No obstante, los valores de humedad relativa tienen la desventaja de que dependen fuertemente de la temperatura y de la presión de cada momento; entonces, en las zonas tropicales continentales, en donde las variaciones de la temperatura que se dan entre la mañana y la noche son generalmente grandes, la humedad relativa cambia considerablemente en el curso del día.

En general, el rango de temperaturas que permite obtener una óptima productividad se encuentra entre los 12 °C y los 32 °C de temperatura ambiente. Ahora bien, por debajo de los 10 °C, las plantas suelen detener sus procesos para entrar en un período de latencia o hibernación, proceso que se revierte cuando la temperatura ambiente vuelve a ser estable por encima de los 12 °C, lo que les permite continuar con su crecimiento. En el otro extremo del rango también podemos tener inconvenientes; por encima de los 35 °C de temperatura,

las plantas reducen su actividad para evitar la deshidratación producida por el excesivo calor.

Existe un rango de temperaturas óptimas diferenciado para la germinación de las semillas y para la vida de las plantas:

- Para la germinación, las temperaturas oscilan, generalmente, entre los 28 °C y los 32 °C.
- Para el normal crecimiento de las plantas, entre los 22 °C y los 28 °C.

Esto nos lleva a entender que la función del clima y de la estación del año, por un lado, y de la duración del ciclo, las necesidades de temperatura y radiación, y el órgano a obtener de las distintas especies hortícolas, por el otro, se hace necesario decidir los momentos óptimos en los cuales iniciar la producción de una determinada especie y poder controlar (o escapar de) los fenómenos climáticos que pueden afectarla.

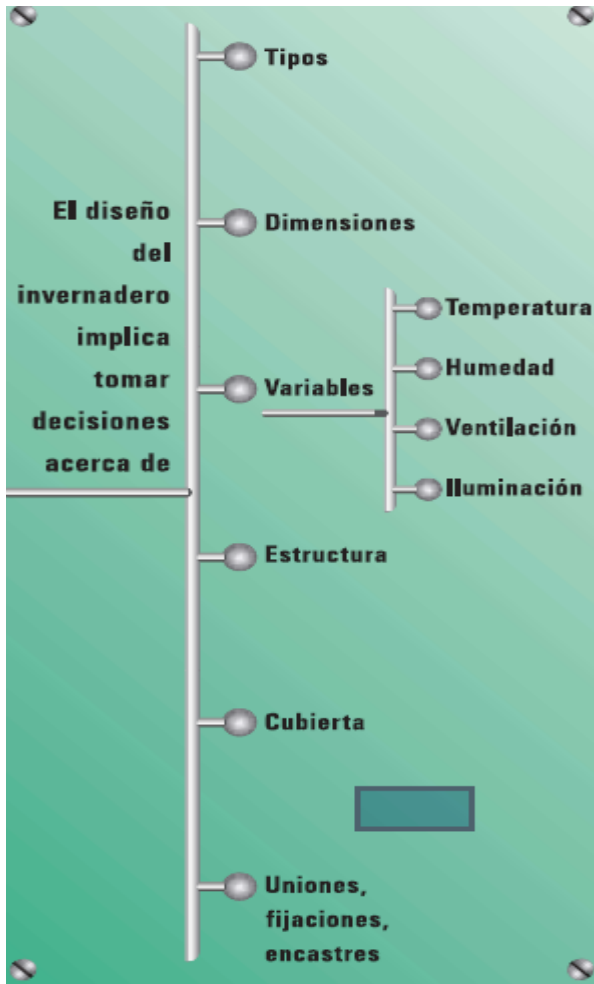
Las especies hortícolas pueden clasificarse en función al rango de temperaturas medias óptimas de producción *–termoperíodo–*. Así, tenemos dos grupos bien diferenciados de hortalizas:

- Aquéllas cuyo rango es amplio y que operan en dos extremos, con temperaturas que oscilan entre 13 °C y 24 °C, por un lado (cultivos de hoja, de raíz, inflorescencias y legumbres), y con temperaturas entre 20 °C y 30 °C, por el otro (batata y frutos carnosos)
- Aquéllas cuyo rango es específico; es el caso de los bulbos –que requieren temperaturas entre 15 °C y 20 °C– y de los frutos jugosos (bayas, cucurbitáceas, maíz dulce), cuyo rango se encuentra entre 20 °C y 25 °C.

2.3 Características de un invernadero para su diseño

La construcción de un invernadero sin partir de un diseño previo es una improvisación que puede resultar catastrófica, con los consiguientes riesgos tanto en lo que hace a la producción agrícola como en cuanto a los resultados económicos.

Un incorrecto diseño puede traer como consecuencia la derivación en problemas en la sanidad del cultivo –que exijan la utilización de agroquímicos, y mayor gasto y menor rendimiento–. Un diseño erróneo en cuanto a la ventilación, al control de humedad o al control de temperatura del ambiente, ocasiona la presencia de hongos y, por otra parte, disminuye la calidad y la cantidad de los frutos.



Cuando, por ejemplo, los traslapes son muy cortos, quedan espacios que permiten filtraciones de agua. Igual sucede con los canales que no tienen la cavidad correcta, la extensión o la pendiente adecuadas. Vale decir que uno de los principales problemas que afectan a una plantación se derivan del exceso de humedad producida por problemas de diseño.

Nos centraremos en los siguientes componentes de diseño:

Cuadro 2.1 Diseño de un invernadero

Hay varias formas de invernadero; cada una de ellas es más o menos adecuada para cada tipo de cultivo, para cada lugar de emplazamiento y para las condiciones climáticas del lugar.

El conocimiento de la forma del invernadero nos va a permitir seleccionar de una manera más adecuada aquellos materiales que utilizaremos para la construcción de la estructura, de las paredes laterales y frontales, de los techos, de acuerdo con sus características, comportamiento frente a factores externos e internos, ventajas y desventajas.

Algunas de las configuraciones de invernadero más comunes son:

- Invernadero plano
- Invernadero en raspa y amagado
- Invernadero asimétrico
- Invernadero de capilla
- Invernadero de doble capilla
- Invernadero túnel o semicilíndrico
- Invernadero de cristal

Invernadero plano. El **invernadero plano** está compuesto de dos partes: una estructura vertical y otra horizontal, bien diferenciadas. Generalmente, se utiliza en zonas con escasas precipitaciones.

La estructura vertical está conformada por soportes rígidos perimetrales de madera o acero galvanizado, usualmente cilíndricos, que tienen una inclinación hacia el exterior de unos 30° con respecto a la vertical; estos soportes están situados en las bandas laterales y en las esquinas, y sujetos en su parte superior; sirven para tensar las cuerdas de alambre de la cubierta. Posee, también, soportes o pies interiores intermedios.

La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente, las que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico. Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2.15 y 3.5 m; la altura de las bandas oscila entre 2 y 2.7 m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncopiramidales prefabricados, de hormigón, colocados sobre pequeños pozos de cimentación.

Invernadero en raspa y amagado. El **invernadero en raspa y amagado** tiene una estructura similar a la del invernadero plano; pero, varía la forma de la cubierta. En la cumbre, la altura máxima del invernadero oscila entre 3 y 4.2 m, formando una raspa. En la parte más baja -amagado- se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permiten colocar los canalones para el desagüe de las aguas

pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2.8 m; la de las bandas, entre 2 y 2.5 m; la separación entre apoyos y los vientos del amagado es de 2 x 4. El ángulo de la cubierta oscila entre 6 y 20° -este último es el valor óptimo-. La orientación recomendada es en dirección este-oeste.

El **invernadero asimétrico** difiere del de tipo raspa y amagado, en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur; este aumento tiene por objeto acrecentar la capacidad de captación de la radiación solar; para ello, el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del Sol. La inclinación de la cubierta es tal que permite que la radiación solar incida perpendicularmente sobre ella al mediodía solar, durante el solsticio de invierno, época en la que el Sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo próximo a 60° ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos; por ello, suelen implementarse ángulos comprendidos entre los 8 y 11° en la cara sur, y entre los 18 y 30° en la cara norte. La altura máxima de la cumbrera varía entre 3 y 5 m, y su altura mínima de 2.3 a 3 m; la de las bandas oscila entre 2.15 y 3 m; la separación de los apoyos interiores suele ser de 2 x 4 m.

En el **invernadero de capilla simple**, la techumbre forma uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. El ancho que suele darse a este tipo de invernadero es de 12 a 16 m. La altura en cumbrera está comprendida entre 3.25 y 4 m. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25°, no ofrece inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación se realiza a través de ventanas frontales y laterales; pero, cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas, la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

El **invernadero de doble capilla** está formado por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital en la cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las naves-; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y, por lo general, cuentan con malla mosquitera. También posee ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. Este tipo de

invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y costosa, respecto del tipo de invernadero de capilla simple a dos aguas.

El invernadero túnel o semicilíndrico se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo en razón de su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación -al constar de estructuras prefabricadas-. Sus soportes son tubos de hierro galvanizado que tienen una separación interior de 5 x 8, ó 3 x 5 m. La altura máxima oscila entre 3.5 y 5 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2.5 a 4 m. El ancho de las naves está comprendido entre 6 y 9 m, y se permite el adosamiento de varias naves. La ventilación se realiza mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero.

El invernadero de cristal, que se emplea generalmente en el norte de Europa, consta de una estructura metálica prefabricada y de una cubierta de vidrio. El techo está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. El ancho de cada módulo es de 3.2 m. Desde los canales hasta la cumbrera hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1.65 m y ancho que varía desde 0.75 m hasta 1.6 m. La separación entre columnas en la dirección paralela a los canales es de 3 m. En sentido transversal, están separadas 3.2 m - si hay una línea de columnas debajo de cada canal- o 6.4 m -si se construye algún tipo de viga en celosía.

		VENTAJAS	INCONVENIENTES
TIPO DE INVERNADERO	Plano	Economía. Adaptación al terreno. Resistencia al viento. Aprovechamiento del agua de lluvia en períodos secos. Luminosidad uniforme.	Rápido envejecimiento de la instalación. Peligro de hundimiento por bolsas de agua de lluvia. Destrucción del plástico y de la instalación. Goteo del agua de lluvia y filtraciones de aire. Poco volumen de aire. Mala ventilación. Excesivo número de postes, alambres, piedras de anclaje... que dificulta la operatividad. Compleja instalación de ventanas cenitales.
	Raspa y amagado	Economía. Mayor volumen unitario y, portanto mayor inercia térmica, lo que aumenta la temperatura nocturna. Buena estanqueidad a la lluvia y al aire. Mayor superficie libre de obstáculos. Posibilidad de instalar ventilación cenital, situada junto a la arista de la cumbrera.	Diferente luminosidad entre la vertiente sur y la norte. Desaprovechamiento de las aguas pluviales. Dificultad en el cambio del plástico de la cubierta. Pérdida de calor a través de la cubierta.
	Asimétrico	Economía. Estanqueidad a la lluvia y al aire. Buena ventilación, dada su altura. Aprovechamiento de la luz en invierno. Elevada inercia térmica, dado su gran volumen unitario. Instalación de ventilación cenital a sotavento.	Desaprovechamiento del agua de lluvia. Cambios en el plástico de la cubierta. Pérdidas de calor a través de la cubierta.
	Capilla y doble capilla	Fácil construcción y fácil conservación. Posibilidad de incluir todo tipo de plástico en la cubierta. Fácil ventilación vertical en las paredes. Fácil instalación de ventanas cenitales. Grandes superficies de ventilación con mecanización sencilla. Fácil evacuación del agua de lluvia. Escalabilidad, por unión de varias naves.	
	Túnel o semicilíndrico	Estructuras con pocos obstáculos. Buena ventilación. Buena estanqueidad a la lluvia y al aire. Instalación de ventilación cenital a sotavento, con posibilidad de un accionamiento mecanizado. Reparto de la luminosidad en el interior. Fácil instalación.	Elevado costo. Desaprovechamiento del agua de lluvia.
	Cristal	Buena estanqueidad, lo que facilita una mejor climatización	Reducción en la transmisión de luz por abundancia de elementos estructurales. Elevado costo. Naves pequeñas, debido a la complejidad de su estructura.

Cuadro 2.2 Tipos de invernaderos

La disponibilidad de los materiales en el mercado y el precio de éstos, obligan a tomar decisiones menos ideales y más realistas en cuanto al tipo y al tamaño final del invernadero.

Las dimensiones de un invernadero siempre están regidas por las características excluyentes del cultivo principal que deseamos realizar pero, sin descuidar aquellos aspectos generales que permiten introducir, a modo de salvaguarda, cultivos alternativos.

En la decisión respecto de las dimensiones, también inciden las condiciones topográficas y climáticas de la zona. Si bien la orientación ideal consiste, como decíamos, en que la línea de la cumbrera acompañe el recorrido del Sol es decir, de este a oeste, muchas veces existen impedimentos naturales (montañas, bosques) o artificiales (casas, galpones, edificios) que producen sombras o que, por su ubicación dentro del predio, generan turbulencias ante la presencia de vientos intensos; y, aún cuando los vientos no encuentren estos obstáculos, el otro efecto que causan es la presión contra las paredes del invernadero, que puede provocar un deterioro importante y acortar la vida útil de los materiales que lo componen.

El conocimiento previo de estas limitaciones ambientales permite modificar tanto la ubicación como las dimensiones, sin resignar superficie cultivable, prestando atención a la parte de la estructura que queda expuesta a estos fenómenos climáticos y a la economía.

Como vemos, el campo de aplicación es muy vasto y la profundidad con la que se pueden abordar esta diversidad de contenidos, también.

Tenemos que tener en cuenta que el invernadero, como herramienta de producción, exige algunas condiciones para maximizar su aprovechamiento.

Debe permitir, por ejemplo, una buena ventilación o circulación de aire, la que favorece el control de la humedad y de la temperatura; en el interior del invernadero, el aire se calienta por la acción de la energía solar según la estación del año y por la incidencia de las especies que están cultivándose.

Por otra parte, es necesario que las plantas, a través de las paredes y del techo, reciban la mayor cantidad de iluminación y de energía calórica, las que inciden decisivamente en su crecimiento. El material de la cubierta y la sombra que pueda efectuar la estructura merecen, entonces, particular atención.

Otro aspecto importante a considerar es el relacionado con la accesibilidad. La disposición y la forma de los soportes y aberturas deben ser de fácil manejo, permitir el movimiento de las

personas y brindar la posibilidad de realizar modificaciones internas, si éstas fueran necesarias.

Detengámonos, ahora, en la estructura del invernadero.

La estructura es el armazón del invernadero; en términos generales, se intenta que reúna las siguientes condiciones.

- Ser ligera y resistente.
- Estar conformada por material económico y de fácil conservación.
- Ser susceptible a una ampliación escalable.
- Ocupar poca superficie.
- Adaptarse a los materiales de la cubierta.

Esta armazón estructural es la encargada de soportar y transmitir las cargas permanentes y accidentales: peso de la cubierta, el viento, la nieve, los tutores de plantas, los mecanismos y aparatos instalados en su interior por ejemplo, los que posibilitan la apertura y el cierre de ventanas, techos o puertas, los ventiladores o extractores, los sistemas de riego y atomización del agua, la iluminación artificial, diferentes tipos de detectores y sensores.

La estructura del invernadero es uno de los elementos constructivos que más detenidamente debemos estudiar, desde el punto de vista de su solidez y de su economía, a la hora de definirnos por un determinado tipo de invernadero.

Los materiales más utilizados en la construcción de las estructuras de los invernaderos son madera, hierro, aluminio, alambre galvanizado y hormigón armado; es difícil encontrar un tipo de estructura que utilice solamente una clase de material, ya que lo común es emplear varias.

Para escoger la cubierta adecuada, es necesario tener en cuenta la situación geográfica, las temperaturas máximas y mínimas, la posibilidad de heladas, el régimen de vientos, la

humedad relativa, el régimen de lluvias, la radiación solar y los requerimientos climáticos de la especie que vamos a sembrar.

El material de la cubierta constituye uno de los elementos que se deben tener en cuenta al momento de diseñar y calcular la estructura.

Para permitir una conjunción equilibrada entre cubierta y estructura, se prefieren los materiales plásticos a, por ejemplo, el vidrio.

Un material perfecto para la cubierta es aquél que reúne los requisitos de:

- Buen efecto de abrigo.
- Gran retención de calor.
- Gran rendimiento térmico.
- Gran transparencia a las radiaciones solares.
- Gran opacidad a las radiaciones infrarrojas largas emitidas por suelo y plantas durante la noche.

Pero, los materiales que pueden cumplir todas estas exigencias son caros y exigen estructuras también costosas; se requiere de ellos que cuenten con el espesor y la flexibilidad de los plásticos, y con las propiedades ópticas del vidrio muy permeable, durante el día, a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 2.500 nanómetros o 3000 nm; y, por la noche, lo más opaco posible a las radiaciones de longitud de onda larga que son las que mantienen calientes a los invernaderos.

Los materiales de cubierta pueden ser:

- Vidrio impreso o catedral.
- Plástico.
- Plástico rígido: polimetacrilato de metilo (PMM), policarbonato (PC), poliéster con fibra de vidrio, policloruro de vinilo (PVC).

- Plástico flexible: policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PE), etileno vinilo de acetato (EVA), policloruro de vinilo (PVC) y materiales coextruidos.

El vidrio es el primer material en utilizarse en la cubierta de invernaderos, hasta la aparición de los materiales plásticos. Se emplea, principalmente, en zonas de clima extremadamente frío o en cultivos especializados que requieren una temperatura estable y elevada.

El cristal que se utiliza como cubierta de invernadero es siempre el vidrio impreso pulido por un lado y rugoso por el otro.

En la colocación del cristal sobre la cubierta de la instalación, la cara rugosa queda hacia el interior y la cara lisa hacia el exterior. Así, recibe por la parte exterior casi todas las radiaciones luminosas que, al pasar a través suyo, se difunden en todas las direcciones al salir por la cara rugosa.

El vidrio es el material que presenta una transmisión óptica y térmica óptima; es no combustible, resistente a la radiación ultravioleta y a la polución, y mantiene sus propiedades iniciales a lo largo de su vida.

El principal problema del vidrio es su vulnerabilidad a los impactos; por esto, se desaconseja su uso en zonas con altas posibilidades de granizo. Otro inconveniente es su peso y que se comercializa en unidades pequeñas que requieren, por tanto, estructuras sólidas y estables que las soporten y que eviten la rotura del material por desplazamientos. Esto provoca, también, que los elementos estructurales produzcan importantes sombras dentro del invernadero y que se requiera un mantenimiento constante de limpieza y de sellado.

Si la opción para la cubierta del invernadero es el plástico, es muy importante hacer una buena selección, para lograr los resultados deseados y para reducir los riesgos de la inversión.

Los avances tecnológicos de los últimos años permiten disponer de una amplia gama de opciones de protección para los cultivos, consistente en diferentes tipos de películas plásticas.

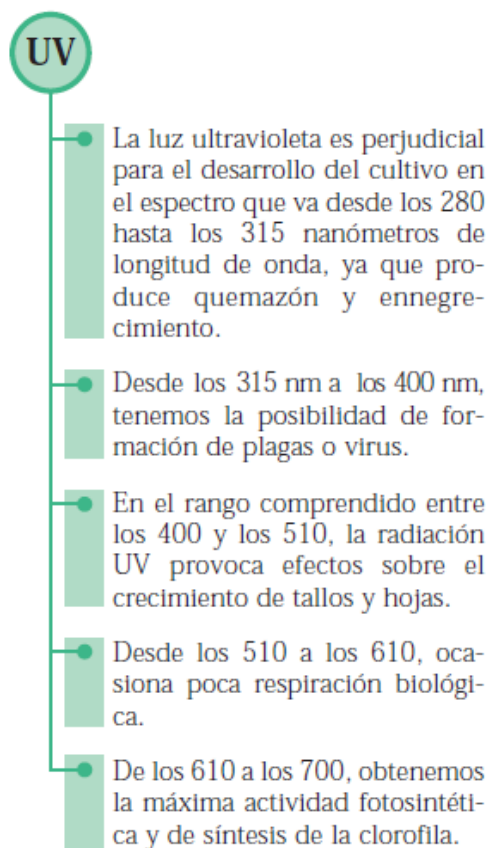
Para seleccionar la cubierta plástica para un invernadero, debemos tener en cuenta:

Luminosidad. La luz es la fuente de vida de las plantas y cumple un papel determinante en el crecimiento y en el desarrollo vegetativo; las plantas dependen de la energía solar para el funcionamiento de su complejo proceso fotosintético, por lo que los plásticos deben tener las propiedades de permitir que a ellas llegue la cantidad y la calidad de luz que las favorece. En consecuencia, los plásticos para invernaderos deben tener buena transmisión global de luz visible, poder de difusión de luz (eliminación o reducción de sombras) y antiadherencia al polvo.

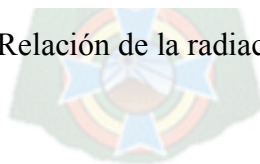
Sanidad vegetal. La administración de la luz mediante la tecnología del plástico contribuye de manera muy positiva en la sanidad vegetal ya que, con la aplicación de filtros fotoselectivos, puede modificarse tanto la cantidad, como el rango de la luz solar, su calidad o su duración, provocando ambientes en los que se de modo sustantivo la presencia de insectos y, por ende, la contaminación por virosis; la fotoselectividad es empleada, también, en el control de patógenos, bloqueando las radiaciones que favorecen la germinación de las esporas. Otro aspecto que involucra riesgos en la sanidad vegetal es la condensación de las gotas que se forman en el interior del invernadero, la cual puede causar serios problemas por germinación de patógenos; esto puede evitarse con la aplicación de aditivos que brindan propiedades antigoteo y que posibilitan que las gotas, en lugar de caer sobre los cultivos, se deslicen por la cubierta hacia los laterales y, luego, hacia el suelo del invernadero.

Temperatura. El factor más importante a controlar dentro de un invernadero es la emperatura; por lo tanto, el plástico debe tener propiedades IR (infrarrojo) para brindar termicidad, cuando es necesario y propiedades termorreguladoras para limitar las oscilaciones térmicas.

Radiación ultravioleta. Los plásticos para invernaderos tienen que tener estabilizantes, para impedir su degradación por el efecto de la luz ultravioleta (UV).



Cuadro 2.3 Relación de la radiación ultravioleta



La cubierta requiere, entonces, de un bloqueador de radiación UV de, por lo menos 315 nm. Si bien es conveniente que la protección o bloqueo de radiación UV sea superior a los 500 ó 600 nm, el aumento del costo de un plástico con esta protección no siempre alcanza a justificarse.

Duración. La duración es uno de los aspectos que más interesa y preocupa a los usuarios.

Está, en gran medida derivada de los estabilizantes, de la dispersión homogénea de los aditivos y depende, también, de la materia prima con la que se fabrique la cubierta y del sistema de extrusión empleado.

Los aspectos que se tienen en cuenta para evaluar la duración de un plástico para cubierta, están en función de las propiedades mecánicas del material:

- Resistencia al rasgado.
- Resistencia al envejecimiento.
- Flexibilidad.
- Resistencia a la acción de pesticidas e insecticidas.

El *policarbonato*, por ejemplo, es un polímero termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el polimetacrilato de metilo PMM. La presentación de este material es en planchas alveolares, que constan de 2 ó 3 paredes paralelas unidas transversalmente por paredes del mismo material.

Las múltiples paredes de que consta la placa forman una cámara de aire dentro de los canales internos, la que hace aumentar el poder aislante en un porcentaje muy elevado, respecto al mismo material en placa sencilla.

El grosor de las placas que se puede encontrar en el mercado es de 4 a 16 mm; éstas tienen una gran resistencia al impacto (granizo, piedras, etc.) y, en su cara expuesta al exterior, están provistas de una película que protege de los rayos UV al resto del material, para evitar su degradación; su cara interior puede llevar un tratamiento anticondensación y antigoteo, que permite el deslizamiento de las gotas de agua para que no caigan sobre el cultivo. El policarbonato posibilita una buena difusión de la luz transmitida, reduciendo sombras y permitiendo que las plantas reciban la luz en toda su superficie y no solamente en la zona de incidencia.

Es un material muy ligero, en función del grosor de la placa; a igualdad de espesor, su peso es de 10 a 12 veces menor que el del vidrio. Incluso en frío, sus placas pueden adaptarse a estructuras con perfiles curvos de radio suave. Su duración está garantizada en 10 años por los fabricantes.

Para completar la toma de decisiones respecto del diseño del invernadero además de considerar los tipos, las dimensiones, la estructura y la cubierta es necesario prever las uniones, fijaciones, encastrados.

2.4 Tipos de Invernadero y su construcción

Un invernadero es toda aquella estructura que protege al cultivo de las condiciones climatológicas externas, permitiendo su crecimiento y la realización de las labores culturales en el interior del mismo, durante todo su ciclo. Dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas.

En la construcción de un invernadero hay que tomar en consideración al menos los siguientes factores:

- Los materiales que configuran la estructura deben resistir los esfuerzos mecánicos a los que van a ser sometidos y no deformarse con el paso del tiempo.

El peso de la propia estructura, el empuje del viento y la sobrecarga de nieve son los efectos más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar e instalar un invernadero.

- Los materiales de cobertura o recubrimiento han de ser resistentes a los factores climáticos adversos (lluvia, viento, nieve y granizo) y permitir la mayor transmisión posible de la radiación solar que reciben.
- La superficie y el volumen del invernadero tienen que ser lo suficientemente grandes como para permitir una mecanización que resulte utilizable rápida y cómodamente.
- La orientación y el diseño del invernadero han de reunir características tales que le permitan recibir la mayor radiación solar posible y que se produzca una renovación

del aire satisfactoria, especialmente durante las épocas del año en que estos aspectos son más necesarios: solar en invierno y ventilación en verano.

- Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atiende a determinadas características de sus elementos constructivos (por ejemplo: por su perfil externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura.).
- La elección de un tipo de invernadero está en función de una serie de factores o aspectos técnicos:
 - Tipo de suelo. Se deben elegir suelos con buen drenaje y de alta calidad; aunque con los sistemas modernos de fertirriego es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o sustratos artificiales.
 - Topografía. Son preferibles lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur.
 - Vientos. Se tomarán en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.
 - Exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo
 - Características climáticas de la zona o del área geográfica donde vaya a construirse el invernadero
 - Disponibilidad de mano de obra (factor humano)
 - Imperativos económicos locales (mercado y comercialización).

2.4.1 Invernadero Plano o Tipo Parral

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal.

La estructura vertical está constituida por soportes rígidos que se pueden diferenciar según sean perimetrales (soportes de cerco situados en las bandas y los esquineros) o interiores (pies derechos). Los pies derechos intermedios suelen estar separados unos 2.0 m en sentido longitudinal y 4.0 m en dirección transversal, aunque también se presentan separaciones de 2.0 m x 2.0 m y 3.0 m x 4.0 m. Los soportes perimetrales tienen una inclinación hacia el exterior de aproximadamente 30° con respecto a la vertical y junto con los postes que

sujetan su extremo superior sirven para tensar las cordadas de alambre de la cubierta. Estos apoyos generalmente tienen una separación de 2.0 m aunque en algunos casos se utilizan distancias de 1.5 m.

Tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado.

La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente de forma simultánea a la construcción del invernadero y que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico.

Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2.15 m y 3.5 m y la altura de las bandas oscila entre 2.0 m y 2.7 m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncopiramidales, prefabricados de hormigón, colocados sobre pequeños pozos de cimentación. Este invernadero se muestra en la Figura 2.1.

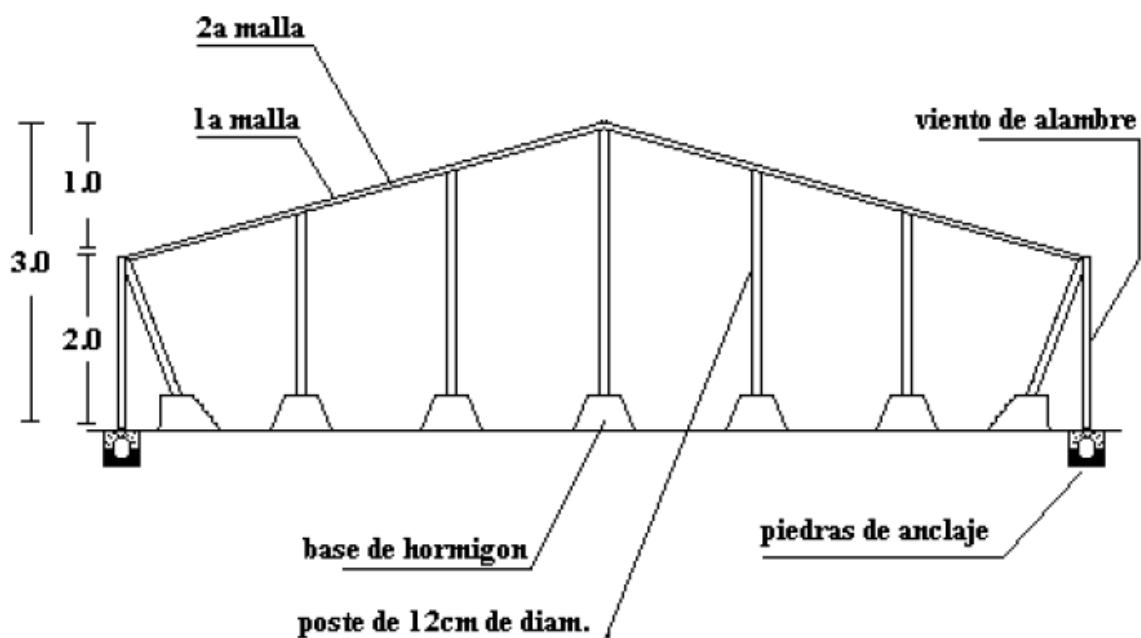


Figura 2.1 Invernadero tipo Plano ó Parral.

Sus principales ventajas son:

- Su economía de construcción.
- Su gran adaptabilidad a la geometría del terreno.
- Mayor resistencia al viento.
- Aprovecha el agua de lluvia en periodos secos.
- Presenta una gran uniformidad luminosa.

Mientras que sus desventajas son:

- Poco volumen de aire.
- Mala ventilación.
- La instalación de ventanas cenitales es bastante difícil.
- Demasiada especialización en su construcción y conservación.
- Rápido envejecimiento de la instalación.
- Poco o nada aconsejable en los lugares lluviosos.
- Peligro de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia que se forman en la lámina de plástico.
- Peligro de destrucción del plástico y de la instalación por su vulnerabilidad al viento.
- Difícil mecanización y dificultad en las labores de cultivo por el excesivo número de postes, alambre de los vientos, piedras de anclaje, etc.
- Poco estanco al goteo del agua de lluvia y al aire ya que es preciso hacer orificios en el plástico para la unión de las dos mallas con alambre, lo que favorece la proliferación de enfermedades fúngicas.

2.4.2 Invernadero en Raspa y Amagado

Su estructura es muy similar al tipo parral, pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbrera, que oscila entre 3.0 m y 4.2 m, formando lo que se conoce como “raspa”. En la parte más baja, conocida como “amagado”, se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante postes y horquillas de hierro que permite colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2.0 m a 2.8 m, la de las bandas entre 2.0 m y 2 m.

La separación entre apoyos y los postes del amagado es de 2.0 m x 4.0 m y el ángulo de la cubierta oscila entre 6° y 20°, siendo este último el valor óptimo. La orientación recomendada es en dirección este-oeste. Este invernadero se ilustra en la Figura 2.2.

Sus principales ventajas son:

- Su economía.
- Tiene mayor volumen unitario y por tanto una mayor inercia térmica que aumenta la temperatura nocturna con respecto a los invernaderos planos.

Presenta buena estanqueidad a la lluvia y al aire, lo que disminuye la humedad interior en periodos de lluvia.

- Presenta una mayor superficie libre de obstáculos.
- Permite la instalación de ventilación cenital situada a sotavento, junto a la arista de la cumbrera.

Mientras sus principales desventajas son:

- Diferencias de luminosidad entre la vertiente sur y la norte del invernadero.
- No aprovecha las aguas pluviales.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Al tener mayor superficie desarrollada se aumentan las pérdidas de calor a través de la cubierta.

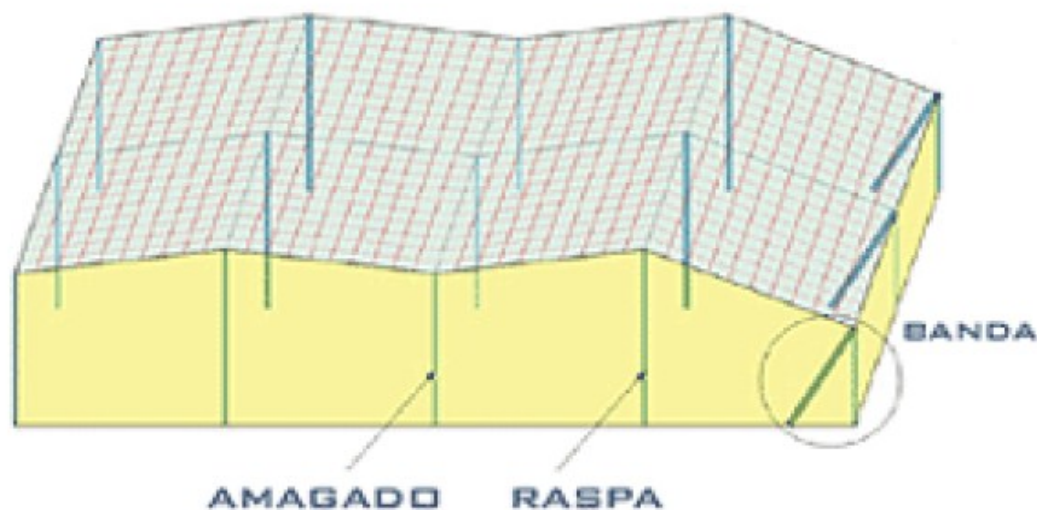


Figura 2.2 Invernadero del tipo Raspa y Amagado

2.4.3 Invernadero Asimétrico o Inacral

Difiere de los tipo raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol.

La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a 60° , pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulo comprendidos entre los 8° y 11° en la cara sur y entre los 18° y 30° en la cara norte.

La altura máxima de la cumbre varía entre 3.0 m y 5.0 m, y su altura mínima de 2.3 m a 3.0 m. La altura de las bandas oscila entre 2.15 m y 3.0 m. La separación de los apoyos interiores suele ser de 2.0 m x 4.0 m. En la Figura 2.3 se muestra una ilustración de este invernadero.



Figura 2.3 Invernadero tipo Asimétrico ó Inacral

Sus principales ventajas son:

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Su economía.

- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Es estanco a la lluvia y al aire.
- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

Y sus principales desventajas:

- No aprovecha el agua de lluvia.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Tiene más pérdidas de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con el tipo plano.

2.4.4 Invernadero de Capilla

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a una agua o a dos aguas. En la Figura 2.4 se muestra este tipo de invernadero.

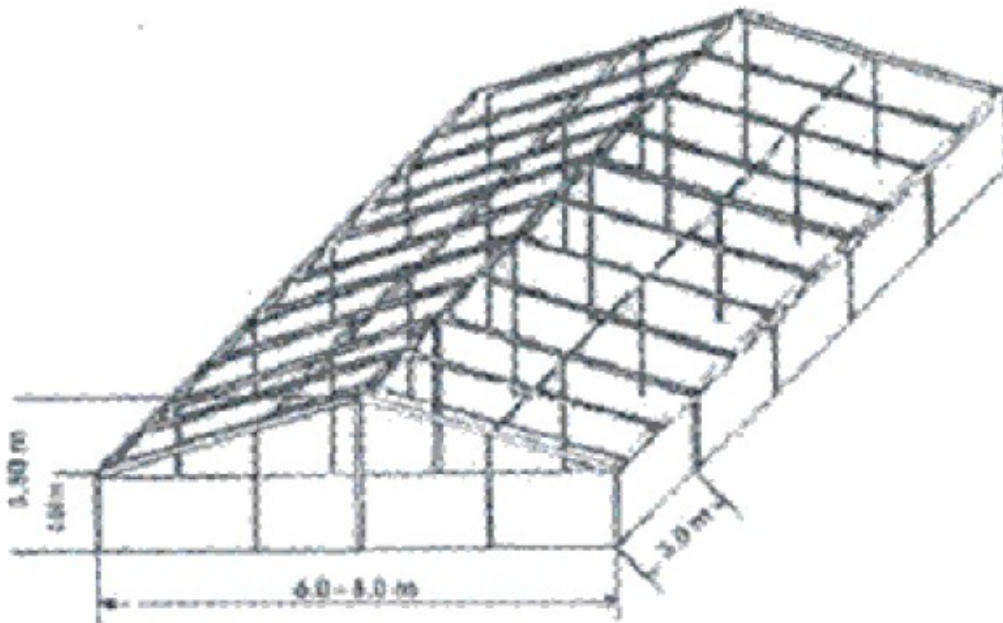


Figura 2.4 Invernadero de Capilla

Sus principales ventajas son:

- Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
- La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
- Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.

2.4.5 Invernadero de Doble Capilla

Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. En la Figura 2.5 se ilustra este tipo de invernaderos.



Figura 2.5 Invernadero tipo Doble Capilla

2.4.6 Invernadero Túnel o Semicilíndrico

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas. Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5.0 m x 8.0 m ó 3.0 m x 5.0 m. La altura máxima de este tipo de

invernaderos oscila entre 3.5m y 5.0m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2.5 m a 4.0 m.

El ancho de estas naves está comprendido entre 6.0 m y 9.0 m y permiten el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero. En la Figura 2.6 se muestra una imagen de este tipo de invernadero.

Sus principales ventajas son:

- Estructuras con pocos obstáculos en su diseño.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento

mecanizado.

- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.
- Mientras que sus principales desventajas son:
- Elevado costo.
- No aprovecha el agua de lluvia.



Figura 2.6 Invernadero de Túnel o Semicilíndrico

2.4.7 Invernaderos de Cristal o Tipo Venlo

Este tipo de invernadero, también llamado “Venlo”, es de estructura metálica prefabricada con cubierta de vidrio y se emplean generalmente en el Norte de Europa.

El techo de este invernadero industrial está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. La anchura de cada módulo es de 3.2 m. Desde los canales hasta la cumbrera hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1.65 m, y anchura que varía desde 0.75 m hasta 1.6 m. La separación entre columnas en la dirección paralela a las canales es de 3.0 m.

En sentido transversal está separadas 3.2 m si hay una línea de columnas debajo de cada canal, ó 6.4 m si se construye algún tipo de viga en celosía. En la Figura 2.7 se muestra este tipo de invernadero.

Su principal ventaja es que tiene una buena estanqueidad lo que facilita una mejor climatización de los invernaderos.

Sus inconvenientes son:

- La abundancia de elementos estructurales implica una menor transmisión de luz.
- Su elevado costo.
- Naves muy pequeñas debido a la complejidad de su estructura.

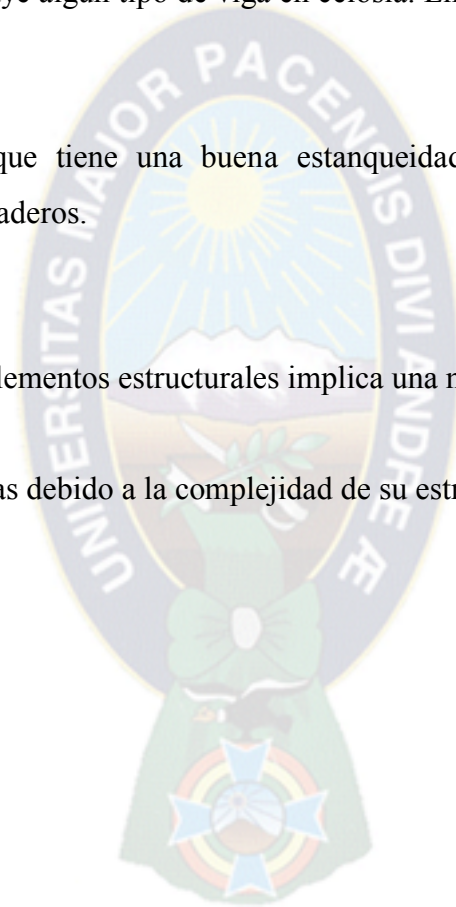




Figura 2.7 Invernadero del tipo Cristal o Tipo Venlo

2.5 Descripción de los Sistemas

2.5.1 Riego

El agua en las plantas es necesaria, ya que los tres átomos que constituyen su molécula, con la consiguiente polaridad de sus cargas eléctricas, facilitan mucho la disolución en agua de otras sustancias, y con esta pueden producir la fotosíntesis la cual es un proceso en el que la planta fabrica sustancias necesarias para su nutrición y desarrollo.

El riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan (alimento) favoreciendo así su crecimiento, mientras que el fertilizante es una sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Se busca tener un equilibrio en el riego y la fertilización para que haya un ahorro de agua y la planta tenga un crecimiento óptimo.

En la mayor parte de los cultivos hortícolas se utiliza el riego como técnica habitual para conseguir la máxima producción. Existen varios sistemas de riego: el riego tradicional por

gravedad, ya sea por desbordamiento, por inundación (a manta) o por surcos; el riego por aspersión, mediante sistemas fijos, semifijos y móviles, y el riego localizado (por goteo).

Existen varios sistemas de riego, entre los cuales sobresalen:

- Aspersión
- Puente móvil
- Goteo

2.5.2 Fertirrigación

El término fertirrigación se usa desde 1983, referido a la técnica de aplicar fertilizantes con el agua del riego o, en concreto, el riego con soluciones nutritivas. Según algunos autores, la fertirrigación es el método más racional de que disponen ciertos países para realizar una fertilización automatizada respetando el medio ambiente. Su aplicación destaca en los cultivos hortícolas.

Fertilizante es una sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para nutrir el suelo y favorecer el crecimiento de la planta de forma natural.

2.5.3 Hidroponía

La palabra Hidroponía deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. La Hidroponía es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra.

2.5.3.1 Sustrato

Se denomina sustrato a un medio sólido inerte que cumple dos funciones esenciales:

- Anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar.
- Contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan.

Los gránulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua en relación con el volumen total.

Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- Retención de humedad.
- Alto porcentaje de aireación.
- Físicamente estable.
- Químicamente inerte.
- Biológicamente inerte.
- Excelente drenaje.
- Poseer capilaridad.
- Liviano.
- De bajo costo.
- Alta disponibilidad.

2.5.4 Calefacción

La temperatura es la principal variable a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es la que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas; por tal motivo se desea tener la temperatura en un rango óptimo.

Existen varios sistemas de calefacción según el método a utilizar:

- Por agua caliente. Este sistema se basa en la transferencia de calor que se produce al circular un caudal de agua caliente por una tubería que recorre el interior del invernadero
- Por vapor de agua. Es una variante del caso anterior; aquí el fluido que circula por una gran parte del circuito de calefacción es vapor de agua a media presión.
- Éste tiene peor uniformidad en la distribución del calor y humedece el ambiente.
- Por aire caliente. En este sistema el fluido circulante es una masa de aire previamente calentada en un generador de combustión directa o en un intercambiador de calor. En la

combustión directa el aire es arrastrado hacia el interior del invernadero que contiene los gases de la combustión; éstos pueden resultar tóxicos para el cultivo, en especial si son portadores de etileno y óxidos de azufre o nitrógeno. Cuando se emplean combustibles libres de contaminantes, como son el gas natural o el gas licuado de petróleo, las emanaciones que resultan de la combustión, ricas en anhídrido carbónico y vapor de agua, pueden utilizarse a modo de fertilización carbónica.

Mediante electricidad. La energía eléctrica puede utilizarse de distintas formas para generar calor. La más simple (termoventilador) consiste en calentar mediante resistencias eléctricas una masa refractaria que actúa como acumulador de calor, mientras un ventilador se encarga de distribuir el aire caliente por el interior del invernadero. Otra modalidad es la del cable radiante, que consiste en extender sobre una capa de material aislante un conductor eléctrico que, debido a su resistencia, transforma la energía eléctrica en energía calorífica.

- Mediante instalación solar. Una serie de colectores planos u ondulados, formados por dos láminas de cristal o de material plástico, por los que circula agua o diversas soluciones; captan la energía solar y la transfieren mediante una bomba de circulación o un acumulador de calor.
- Otras fuentes de energía. Se pueden emplear la energía geotérmica y la eólica para calentar invernaderos.

2.5.5 Humidificación

Humedad relativa (HR) es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad, por lo que a elevadas temperaturas aumenta la capacidad de contener vapor de agua y disminuye la HR. Con temperaturas bajas la HR aumenta. Cuando la HR es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, cuando la HR es mínima las plantas transpiran en exceso y se deshidratan.

Este sistema depende del lugar en el que se encuentra el invernadero, ya que en muchos ambientes no se requiere proporcionarle vapor, para elevar la HR. Uno de los sistemas más

relevantes es el llamado “pared húmeda”, el cual se basa en una pared formada por fibras de cera que se encargan de distribuir agua por las celdas en esta pared. En el lado contrario de este dispositivo se ubica un extractor de aire, el cual succionara el agua en forma de rocío, la cual se distribuirá dentro del invernadero.

2.5.6 Iluminación

A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la HR y el CO₂, para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores. Para mejorar la luminosidad natural se usan los siguientes medios:

- Materiales de cubierta con buena transparencia.
- Orientación adecuada del invernadero.
- Materiales que reduzcan al mínimo las sombras interiores.
- Aumento del ángulo de incidencia de las radiaciones sobre las cubiertas.
- Acolchado del suelo con plástico blanco.

Es interesante destacar el uso del blanqueo, el cual tiene la función de filtro para evitar algunos tipos de rayos solares, tales como los rayos UV; ya que esta labor está en función del desarrollo del cultivo y de las temperaturas, y tiene efectos contradictorios que hay que conocer para hacer un correcto uso. Hay que saber que la planta sombreada se ahíla y se producen abortos de flores en determinadas especies sensibles a la luz (especialmente tomate, pimiento y berenjena), por lo que el manejo del riego y de la solución nutritiva tiene que ir unida al efecto que produce el blanqueo. Los plásticos sucios o envejecidos provocan el mismo efecto que el blanqueo.

2.5.7 CO₂

El anhídrido carbónico de la atmósfera es la materia prima imprescindible de la función clorofílica de las plantas. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos.

La concentración normal de CO₂ en la atmósfera es del 0,03%. Este índice debe aumentarse a límites de 0,1-0,2%, cuando los demás factores de la producción vegetal sean óptimos, si se desea el aprovechamiento al máximo de la actividad fotosintética de las plantas. Las concentraciones superiores al 0,3% resultan tóxicas para los cultivos.

En los invernaderos en los que no se aplica anhídrido carbónico, la concentración de este gas es muy variable a lo largo del día. Alcanza el máximo de la concentración al final de la noche y el mínimo a las horas de máxima luz que coinciden con el mediodía. En un invernadero cerrado por la noche, antes de que se inicie la ventilación por la mañana, la concentración de CO₂ puede llegar a límites mínimos de 0,005-0,01%, que los vegetales no pueden tomarlo y la fotosíntesis es nula. En el caso de que el invernadero esté cerrado durante todo el día, en épocas demasiado frías, esa concentración mínima sigue disminuyendo y los vegetales se encuentran en situación de extrema necesidad en CO₂ para poder realizar la fotosíntesis.

Los niveles aconsejados de CO₂ dependen de: la especie o variedad cultivada, la radiación solar, la ventilación, la temperatura y de la humedad. El óptimo de asimilación está entre los 18 y 23° C de temperatura, descendiendo por encima de los 23-24° C.

Respecto a la luminosidad y humedad, cada especie vegetal tiene un óptimo distinto.

El efecto que produce la fertilización con CO₂ sobre los cultivos hortícolas, es el de aumento de la precocidad de aproximadamente un 20% y aumento de los rendimientos en un 25-30%; mejora la calidad del cultivo así como la de su cosecha.

Sin embargo, no se puede hablar de una buena actividad fotosintética sin una óptima luminosidad. La luz es factor limitante, y así, la tasa de absorción de CO₂ es proporcional a la cantidad de luz recibida, además de depender también de la propia concentración de CO₂ disponible en la atmósfera de la planta. Se puede decir que el periodo más importante para el enriquecimiento carbónico es el mediodía, ya que es la parte del día en que se dan las máximas condiciones de luminosidad.

Capítulo 3

INGENIERIA DE PROYECTO

3.1 Introducción

Se puede definir este invernadero como una estructura para cultivar hortalizas, flores o plantas, en época del año, donde dada las condiciones climáticas del lugar será imposible de producirlas al aire libre. Esta construcción aprovecha el efecto producido por la radiación solar, la cual calienta los objetos que hay detrás; éstos, a su vez, emiten radiación con una longitud de onda mayor que la solar, este efecto es el denominado de invernadero.

La función del material traslúcido es, atrapar energía dentro del invernadero ya que esto calienta el ambiente interior. El efecto neto es el de acumulación de calor y aumento de temperaturas del recinto.

El aire no se calienta directamente por radiación, sino eleva su temperatura (o la disminuye) tomando o cediendo calor de las superficies con las que contacta.

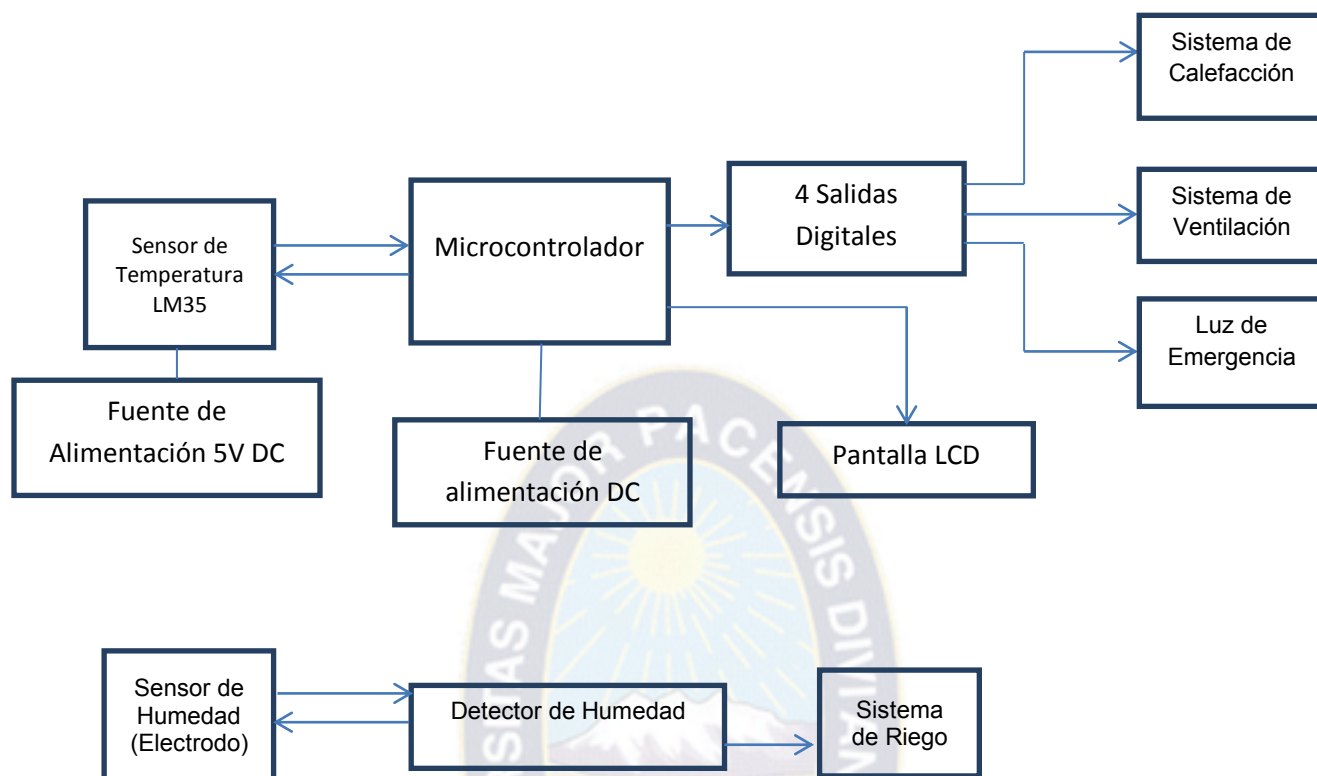
3.2 Descripción General

Este invernadero aprovecha el efecto producido por la radiación solar que, al atravesar un material traslúcido, calienta los objetos que hay adentro; estos, a su vez, emiten radiación infrarroja, con una longitud de onda mayor que la solar, por lo cual no pueden atravesar a su regreso quedando atrapados y produciendo el calentamiento.

Este invernadero convencional, atrapa una considerable cantidad de calor cuando se llega al medio día, que es precisamente la hora en la que los rayos del sol inciden con un ángulo más recto sobre el techo del invernadero. Este calor puede llegar a ser tan sofocante que bien podría secar una cosecha entera, si no se toman las medidas de climatización adecuadas.

A continuación se explicara a modo general algunos materiales que existen para medir las variables que utilizaremos, principalmente los que den sus datos en magnitud eléctrica.

3.3 Diagrama de Bloques



Cuadro 3.1 Dimensión del proyecto en diagramas en bloques

3.3.1 Microcontrolador

El microcontrolador es una computadora digital integrada en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa en hex y una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida. El funcionamiento de este microcontrolador está determinado por el programa almacenado en su memoria. El cual lo escribimos en el lenguaje de programación mikroBasic PRO For C.

El microcontrolador PIC16F877A marca Microchip es la parte central del sistema, en el reside el firmware y ejecuta todas las acciones que este solicita.

3.3.2 Detector de Humedad

El detector de humedad, es un dispositivo práctico que se usa para examinar la humedad en la tierra alrededor de la planta, y asegurarse de que tiene el agua necesaria.

3.3.3 Sensor de Humedad

El sensor de humedad se basa en que el agua no es un material aislante como el aire sino que tiene una conductividad eléctrica, por lo tanto un par de cables eléctricos desnudos van a conducir una pequeña cantidad de corriente si el ambiente es húmedo, si colocamos un transistor en zona activa que amplifique esta corriente tenemos un detector de humedad.

3.3.4 Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura que usamos es para compensar un dispositivo de medida sensible a la temperatura ambiente, y para refrigerar las partes del invernadero para lograr temperaturas en el transcurso de un trayecto de exploración.

El circuito LM35, es un circuito diodo Zener cuyo voltaje de salida es proporcional a la temperatura que detecta, teniendo un voltaje de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, de tal manera que si la temperatura es de 0°C el voltaje a la salida es de 0V . Si la temperatura es de 100°C , el voltaje es de 1V .

3.3.5 Fuente de Alimentación DC

Nuestra fuente de alimentación es de baja potencia. Gracias a los reguladores de tensión integrados, es muy fácil armar un circuito que a partir de la tensión disponible en la red domiciliaria, 220V de corriente alterna, obtener 5V de corriente continua perfectamente regulados.

La salida de esta fuente es la que se utilizará para conectar nuestro PIC y todos los circuitos accesorios que queramos agregarle.

3.3.6 Pantalla LCD

Nuestra pantalla LCD es actualmente el circuito más barato y confiable para mostrar datos en un proceso de monitoreo y control del invernadero. Su interfaz con los controladores se realiza a través de un conector de 14 pines. Todos los fabricantes del display de cristal líquido (“Liquid Cristal Display”) LCD, han estandarizado sus señales en el conector de 14

pinos, así como sus comandos de control para el manejo del mismo. En el LCD se muestran los datos de la temperatura y los valores variables.

La pantalla LCD lleva integrado a sus circuitos una memoria ROM conocida como “generador de caracteres” que habrá de generar los patrones de la matriz de puntos que forman los caracteres en la pantalla. También tiene una RAM interna que almacena los caracteres y los exhibe en nuestro módulo LCD.

3.3.7 Sistema de Calefacción

El sistema de calefactor es un aparato, normalmente eléctrico, que proporciona un flujo rápido de aire caliente continuo mediante un radiador que genera una fuente de calor que calienta rápidamente el aire y lo transmite al lugar en que se encuentre.

3.3.8 Sistema de Ventilación

El sistema de ventilación es la técnica que permite sustituir el aire interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva. El sistema de ventilación permite cambiar, renovar, y extraer el aire interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior.

3.3.9 Sistema de Riego

El sistema de riego o perímetro de riego es nuestra de estructura, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. Nuestro sistema de riego consta de una serie de componentes, ya que el conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión, o por goteo.

3.4 Aplicabilidad de Sistema Invernadero Automático

3.4.1 Software de configuración del sistema

Utilizamos el microcontrolador PIC16F877A de 40 pines que ejecutará el firmware del sistema, para compilar usaremos el programa de mikroBasic PRO for PIC .

Nuestro programa en el microcontrolador PIC debe realizar las siguientes tareas específicas para cumplir con los objetivos.

3.4.2 MikroBasic PRO For PIC Herramienta del desarrollo

Es en esta herramienta donde compilaremos el programa y luego a través del dispositivo de grabación de información para microcontroladores PIC almacenamos dicho programa en el microcontrolador. Podemos apreciar el programa antes de ser enviado al microcontrolador y observamos el dispositivo de hardware conectado al computador mientras realizamos el envío de información al microcontrolador.

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama de flujo del programa.



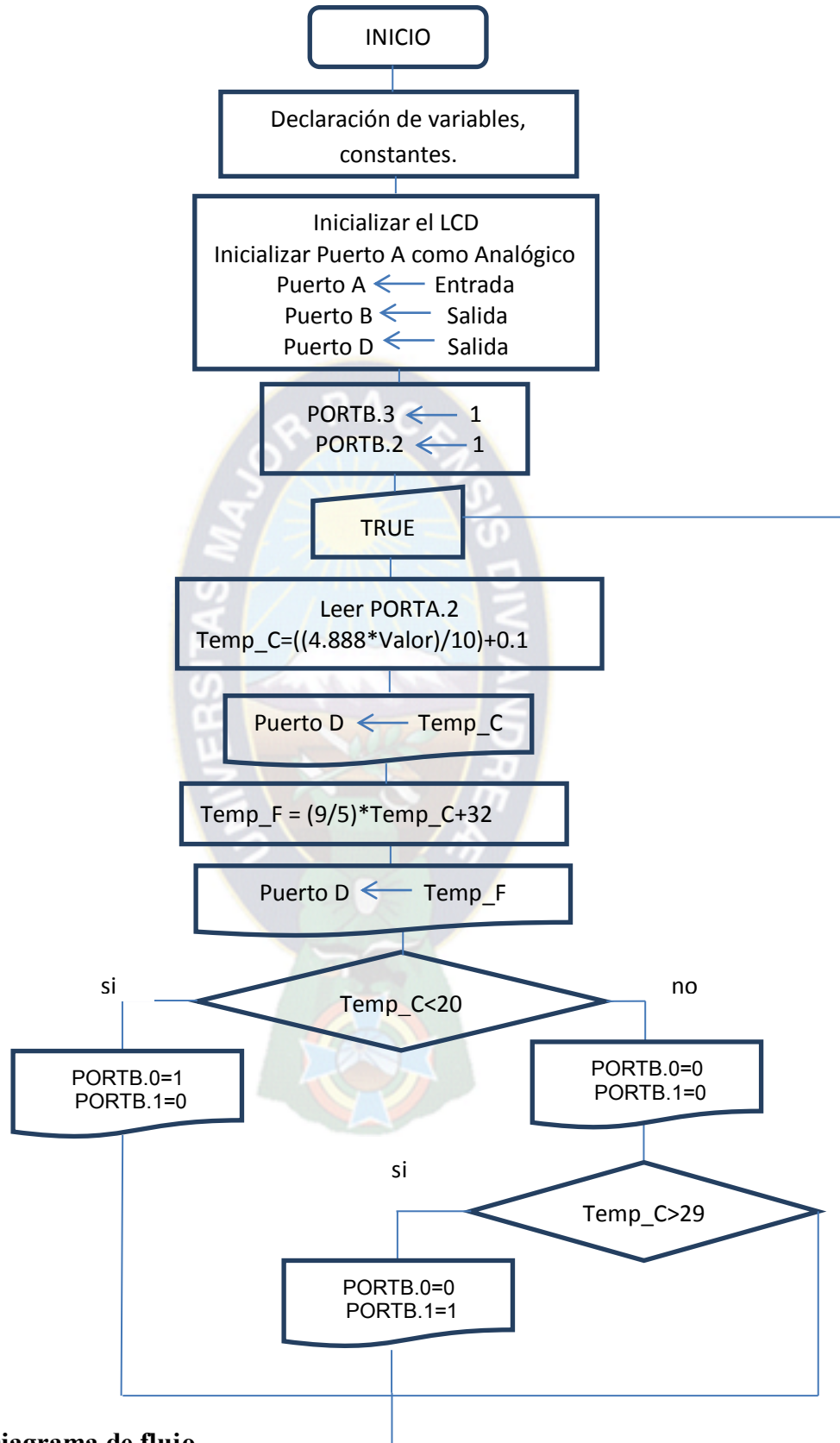


Figura 3.2 Diagrama de flujo

3.4.3 Programa en MikroBasic PRO For Pic

Este programa que introducimos al Pic es muy importante para nuestro diseño del invernadero automático.

```
program proyecto
```

```
dim
```

```
LCD_RS as sbit at RD1_bit
```

```
LCD_EN as sbit at RD0_bit
```

```
LCD_D7 as sbit at RD7_bit
```

```
LCD_D6 as sbit at RD6_bit
```

```
LCD_D5 as sbit at RD5_bit
```

```
LCD_D4 as sbit at RD4_bit
```

```
dim
```

```
LCD_RS_Direction as sbit at TRISD1_bit
```

```
LCD_EN_Direction as sbit at TRISD0_bit
```

```
LCD_D7_Direction as sbit at TRISD7_bit
```

```
LCD_D6_Direction as sbit at TRISD6_bit
```

```
LCD_D5_Direction as sbit at TRISD5_bit
```

```
LCD_D4_Direction as sbit at TRISD4_bit
```

```
' Declarations section
```

```
const character as byte[8] = (12,18,18,12,0,0,0,0)
```

```
sub procedure grado(dim pos_row as byte, dim pos_char as byte)
```

```
dim i as byte
```

```
Lcd_Cmd(64)
```

```
for i = 0 to 7
```

```
Lcd_Chr_CP(character[i])
```

```
next i
```

```
Lcd_Cmd(_LCD_RETURN_HOME)
```

```
Lcd_Chr(pos_row, pos_char, 0)
```

```
end sub
```



```

dim Valor as word
    Temp_C as float
    Temp_F as float
dim ValorS as string[5]
dim Temperatura as string[5]
main:
Lcd_Init()
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF)
Lcd_Out(1,1,"TERMOSTATO")
Lcd_Out(2,1,"Temp:")
ADCON1=$10
TRISA=$FF
TRISB=$00
PORTB=$00
PORTB.3=1
PORTB.2=1
while TRUE
    Valor=ADC_Read(2) 'Lectura ADC de canal 0
' PORTD=Lo(Valor) 'variable byte bajo a PORTD Lo(Valor)
' PORTC=Hi(Valor) 'El byte Alto a PORTD Hi(Valor)

    WordToStr(Valor,ValorS) ' El "Valor" es convertido tipo cadena "00002"
' // Lcd_Out(1,7,ValorS) 'Envia a LCD el Valor concatenado

    Temp_C=((4.888*Valor)/10)+0.1 'para real div. 10R,50F
    ByteToStr(Temp_C,Temperatura)'El "Temp" es convertido tipo cadena "00002"
    Lcd_Out(2,6,Temperatura)
    grado(2,9)
    Lcd_Out(2,10,"C")

```

```

Temp_F=(9/5)*Temp_C+32
ByteToStr(Temp_F, Temperatura)
Lcd_Out(2,12, Temperatura)
grado(2,15)
Lcd_Out(2,16,"F")
Delay_ms(500) 'cada 1s lee Temperatura
if Temp_C<20 then
    PORTB.0=1
    PORTB.1=0
else
    PORTB.0=0
    PORTB.1=0
    if Temp_C>29 then
        PORTB.0=0
        PORTB.1=1
    end if
end if
wend
end.

```

3.5 Hardware del sistema

3.5.1 Microcontrolador

El microcontrolador PIC16F877 marca Microchip es la parte central del sistema, en el reside el firmware y ejecuta todas las acciones que este solicita para el invernadero.



Figura 3.3 Fotografía del PIC 16F877A

Fuente: Elaboración propia

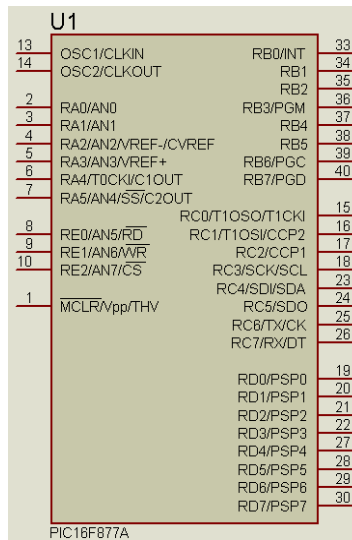


Figura 3.4 Diagrama del PIC 16f877A

Fuente: Elaboración propia con proteus

3.5.2 Salidas Digitales

El sistema cuenta con cuatro salidas digitales de 5 voltios para el control de ventilación, calefacción, luz de prendido y de emergencia. Se considera para conmutar la activación de relés.

De esta manera las salidas digitales está compuesta por tres componentes principales (relés de 5v, transistores BC548 y resistencia de 220 ohmios).

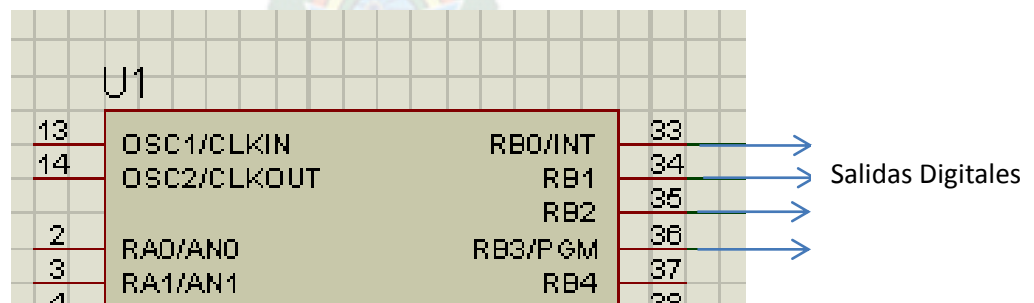


Figura 3.5 Salidas Puerto B del PIC

Fuente Elaboración Propia

3.5.3 Etapa de Potencia

Los transistores que utilizaremos para procesar señales son de baja potencia y solo tienen capacidad de generar en sus salidas tensiones en el rango de voltios, proporcionar intensidades en el rango de los miliamperios, y en consecuencia, transferir a los relés conectados a su salida.

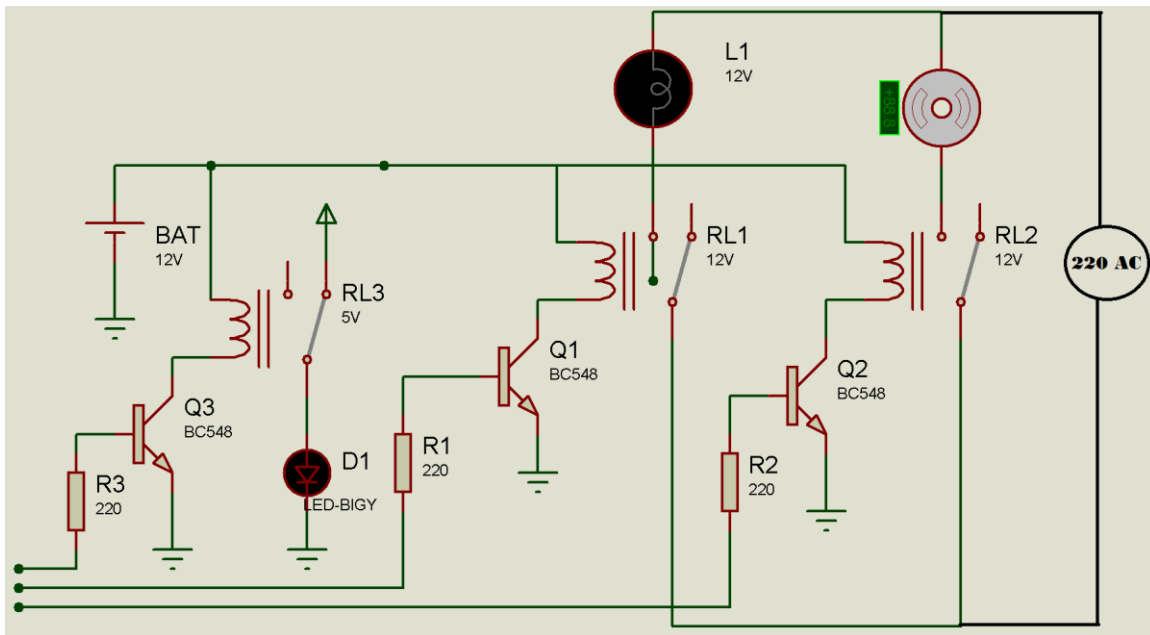


Figura 3.6 Interfaz de salida digital a la etapa de potencia

Fuente: Elaboración propia con proteus

3.5.4 Etapa de temperatura

El sensor LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C. Su rango de medición abarca desde -55°C hasta 150°C. La salida que tiene este sensor es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV.

mojada disminuye la resistencia a la corriente que pasa por la tierra y esto hace que el circuito se cierre y la bomba de agua se apague. El circuito es tan eficiente electrónicamente que se puede utilizar con baterías sin ningún problema.

El sistema de riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro de agua que necesitan favoreciendo así su crecimiento.

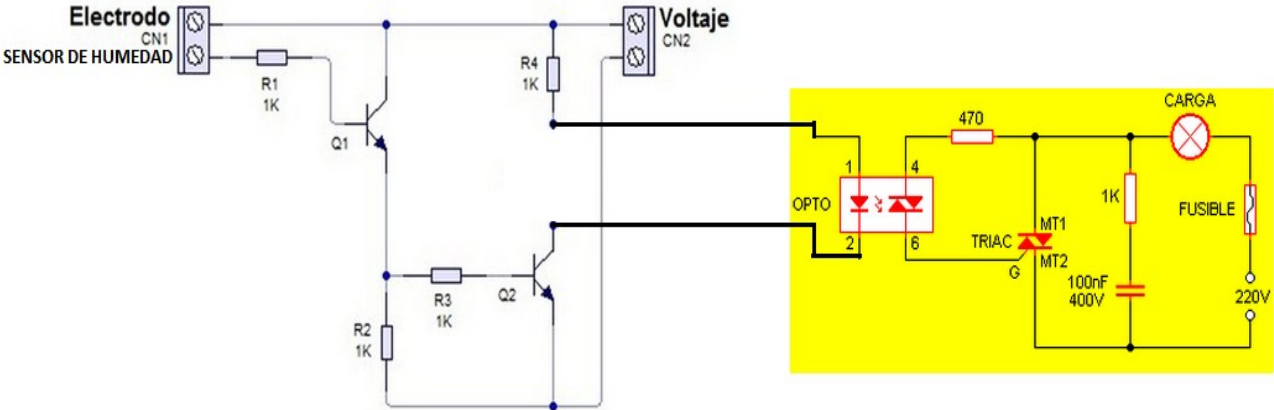


Figura 3.9 Interfaz del sistema de humedad y riego
Fuente: Elaboración propia con proteus

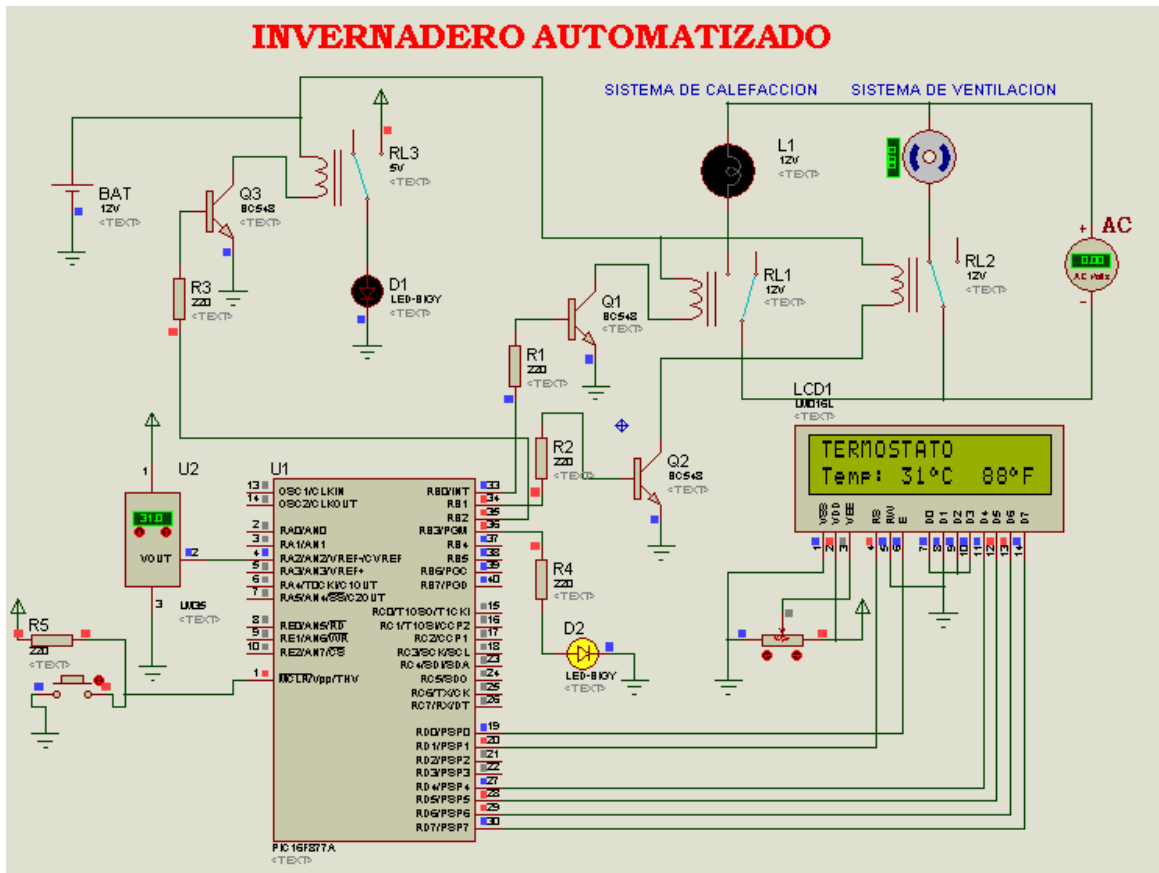


Figura 3.10 Sistema Final de un invernadero automático
Fuente: Elaboración propia con proteus

Capítulo 4

COSTOS DE COMPONENTES

4.1 Costos de materiales electrónicos

En cuanto a los costos de componentes electrónicos:

4.1.1 En la etapa de interfaz de salida digital y de potencia

Nro.	Detalle	Cantidad	Bs
1	Transistores BC548	3	3
2	Resistencias R220 ¼w	3	1.5
3	Relay de 12v	3	15
4	Motor	1	7
5	Diodo LED-BIGY	1	4
	Total		30.5

4.1.2 Etapa de temperatura

Nro.	Detalle	Cantidad	Bs
1	LM 35	1	12
	Total		12

4.1.3 Interfaz del sistema de humedad y riego

Nro.	Detalle	Cantidad	Bs
1	Electrodo (sensor)	1	15
2	Transistores BC548	2	2
3	Resistencias 1K ¼w	5	2.5
4	Optoacoplador Diodo/diac	1	5
5	Resistencias R470 ¼w	1	0.5
6	Diac	1	2.5
7	Triac	1	5
8	Capacitor 100nF 400v	1	3
9	Fusible	1	0.5
10	Display de 2 lineas	1	60
11	PIC 16f877A	1	40
12	Placa	1	50
	Total		186

4.2 Costo de materiales

En cuanto a los costos de materiales indirectos para el proyecto son:

No	Detalle	Cantidad	Bs
1	Tanque	1	100
2	Ventilador	1	10
3	Tubos	1	30
	Total		140

4.3 Costo Total

El costo total se resume a la suma del costo fijo de las etapas del diseño más el costo de materiales indirectos que intervienen en el proyecto, por lo tanto tenemos:

No	Detalle	Bs
1	En la etapa de interfaz de salida digital y de potencia	30.5
2	Etapa de temperatura	12
3	Interfaz del sistema de humedad y riego	186
4	Costo de materiales	140
	Costo total	368.5

Capítulo 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- A través del estudio de la tecnología actual para la automatización de los invernaderos se logró obtener la información necesaria para el diseño y automatización del invernadero.
- El diseño del sistema electrónico creado tiene la opción de configurar los valores de temperatura y humedad que se deseen, como también la configuración de funcionamiento del sistema, dependiendo del medio ambiente en el cual este ubicado el invernadero en el cual se implemente; con esto se logra que el sistema electrónico creado sirva para ser implementado en cualquier zona ambiental en diferentes regiones del país.
- Se logró diseñar y construir un prototipo de un invernadero tomando como referencia las características específicas requeridas para el cultivo de legumbre y otros vegetales, y así ayudar con la problemática que presentan los agricultores de la región.
- El diseño del sistema implementado, permite ajustar y monitorear las variables de control del invernadero a través de la programación del PIC y pantalla LCD lo cual permite una fácil interacción con el usuario.
- El tipo de control utilizado en la automatización del invernadero es un control ON/OFF ya que el sistema tiene una velocidad de reacción inmediata, y un tiempo de retardo mínimo; este tipo de control es el indicado para implementar en los invernaderos ya que los parámetros a controlar en un invernadero presentan estas características.

RECOMENDACIONES

- Ubicar los invernaderos en climas menos extremos que permita reducir el costo del control climático, sin perder el acceso a proveedores de insumos, mano de obra y mercados.

- Para la construcción del control de adquisición, sensato y automatización de riego se utilizara un PIC de la familia 16F887 que se encarga de todo el control del invernadero, y para poder emprender otros proyectos relacionados con este tema se sugiere emplear un interfaz gráfico como el matlab, por el cual el microcontrolador recibe órdenes de la interfaz y esta a su vez recopila la información, y luego pueda generar reportes de archivos.



BIBLIOGRAFIA

- Microcontroladores PIC Programación en Basic. Carlos A. Reyes. Rispergraf
- Snelder. Historia de la construcción de invernaderos.2012. Consultado en www.snelder.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=59&lang=es
- Infojardin.2012.Invernaderos. Consultado en www.articulos.infojardin.com/huerto/invernaderos-clima-cultivo.htm
- Control climático en invernaderos.2011. Consultado en www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm
- Jardín y plantas 2012. Diferentes Sistemas de riego en invernaderos. Consultado en www.jardinyplantas.com/invernaderos/sistemas-de-riego-eninvernaderos.
- Dorf, Richar C. and Bishop, Robert H 2005. Sistemas de control moderno 10 ed. Madrid. Pearson Educación.
- Bignell, James W. and Donovan, Robert L. 1998. Electrónica digital. México Compañía Editorial Continental

