



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**REVISIÓN DE TECNOLOGÍA EN INVERNADEROS CON  
ÉNFASIS EN AUTOMATIZACIÓN Y MECANIZACIÓN.**

**Por:**

LUIS MIGUEL REYES CASTILLO

MONOGRAFIA

**Presentada como requisito parcial para  
obtener el título de:**

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Diciembre de 2005**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**REVISIÓN DE TECNOLOGÍA EN INVERNADEROS CON  
ÉNFASIS EN AUTOMATIZACIÓN Y MECANIZACIÓN.**

Por:

**Luis Miguel Reyes Castillo.**

**MONOGRAFIA**

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Aprobada por el comité.

Asesor Principal.

---

**Dr. Martín Cadena Zapata**

Sinodal

Sinodal

---

**Ing. B. Elizabeth de la Peña Casas**

---

**Ing. Rosendo González Garza.**

Coordinador de la División de Ingeniería

---

**M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2005.

***AGRADECIMIENTOS***

**Señor** te doy gracias primero que nada por darme la vida, por darme una familia extraordinaria la cual siempre ha estado conmigo en todo momento, también te doy gracias **Señor** por darme la capacidad, la oportunidad y la dicha de culminar este trabajo.

*Gracias Dios.*

A mi *ALMA TERRA MATER* por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesionista, abriéndome sus puertas y acogiéndome en sus senos dándome las bases para enfrentarme a los retos de la vida poniendo en alto su nombre. **U.A.A.A.N**

Al **Dr. Martín Cadena Zapata**, por haberme ayudado a realizar este trabajo De todo corazón muchas gracias Doctor.

Al la **Ing. Blanca Elizabeth de la Peña Casas**, por su apoyo, por sus conocimientos transmitidos y por sus sugerencias en la elaboración de este trabajo.

A **Ing. Rosendo González Garza**, por participar en este proyecto y por su amistad brindada durante todo este tiempo.

A todos mis compañeros de la generación XCVIII de la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola: **Francisco Pablo, Erik, Fabián, Alfredo, Armando, Nelson, Efrén, Ricardo, Gerardín, Juan Francisco, Jimmy, Juan Carlos, Juan Sergio, Jonathan, Salvador, Manuel, Freddy, Josué, Guillermo, Fidel y Eduardo Lira.**

Por haberme dado su amistad. Muchas gracias y que Dios los Bendiga.

A todos los maestros del departamento de Maquinaria Agrícola, en especial al **M.C. Jesús Rodolfo Valenzuela García, M.C. Héctor Uriel Serna**

**Fernández, Ing. José de Valle Treviño** por su gran apoyo durante mi estancia en esta universidad y por su amistad. Gracias.

A todo el personal administrativo del departamento de Maquinaria Agrícola y en especial a todos aquellos que compartieron su tiempo conmigo: **Juanita, Mario, Efraín, Jonny.**

Al **Téc. José Luis Martínez Méndez**, por su gran apoyo a la realización de este trabajo por sus consejos y amistad gracias y que Dios lo bendiga siempre.

A la **Ing. Patricia Dorantes**, por sus consejos y amistad brindada durante todo este tiempo muchas gracias y que Dios la bendiga siempre.

### ***DEDICATORIA***

A mi Madre **Sra. Hilda Reyes Castillo**, por darme la vida, por compartir momentos inolvidables, así como por enseñarme el buen camino; por hacer de mi un hombre de bien y por darme día a día sus bendiciones.

*Mil gracias Mama.*

A mis **Abuelitos:**

**Sr. José Trinidad Reyes González (+)      Sra. Victorina Castillo Melchor.**

Por ser personas de gran sabiduría, por ayudarme, brindándome su apoyo y por todos sus consejos que tal vez en su momento no entendía pero que con

el paso del tiempo me di cuenta de las cosas y que comprendí que todo lo que me decían fue por mi bien. *Gracias.*

**A mis Hermanos:**

**Yadira y Gerardo**, por darme su apoyo, sus buenos deseos, por todos los momentos que compartimos juntos, pleitos, juegos, risas, travesuras y alegrías, pongan todo su empeño a sus proyectos, luchen por alcanzarlos, recuerden que siempre aunque este lejos los llevo conmigo vaya a donde vaya los quiero mucho y adelante.

**A mis tíos, primos:**

**Marcy, Serafín, Luis, Tony, Valentín, Casimiro, Javier, Isidoro, Juana, Carmen, Graciela, Guadalupe, Luz, Alicia**, Gracias tíos por su gran apoyo brindado y su confianza mil gracias por todo.

**Juan José, Francisco Damián, Noel Adrián, Wilber, Jesús, Jesús Javier, Janet, Karina, Bárbara, Lania Yesmín y Jimena.**

Gracias primos por compartir conmigo partes de su vida y por brindarme su mas pura amistad de todo corazón muchas gracias.

A la Familia **Martínez Mendoza**, por su gran apoyo brindado durante tuda mi estancia en la universidad en especial a la **Sra. Maria de los Santos, Susana y Teresa.**

Muchas gracias por todo gracias Susana por tu apoyo incondicional por compartir conmigo muchas alegrías, tristezas, y sobretodo por aconsejarme muchas gracias por todo y que El Señor siempre te bendiga e ilumine tu camino.

A **Janet** y a su familia muchas gracias maestra.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
Agradecimientos. ....	<b>I</b>
Dedicatoria.....	<b>III</b>
Índice de figuras.....	V
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Problemática.....	4
1.3 Justificación.....	7
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
<b>III. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>9</b>
3.1 Tipos de invernaderos.....	9

3.2	Materiales empleados en las estructuras de los invernaderos.....	20
3.3	Importancia, económica , social e impacto ambiental de los invernaderos.....	22
3.4	Tipos de materiales y técnicas utilizadas en invernaderos.....	23
3.4.1	Plásticos cubiertas inteligentes.....	23
3.4.3	Tecnificación.....	23
3.4.4	Ventilación.....	24
3.4.5	Mallas. ....	25
3.5	Tecnología de sistemas de control utilizados en los invernaderos.....	25
3.5.1	Sensores.....	27
3.5.2	Temperatura.....	27
3.5.3	Humedad.....	29
3.5.4	Radiación .....	30
3.5.5	Velocidad y dirección del viento.....	31
3.5.6	Concentración de CO <sub>2</sub> .....	32
3.5.7	Actuadores.....	33
3.5.8	Equipos de ventilación .....	34
3.5.9	Pantallas térmicas y mallas de sombreado.....	35
3.5.10	Equipos de calefacción.....	36
3.5.11	Equipos de refrigeración por evaporación de agua.....	38
3.5.12	Equipos de enriquecimiento carbónico .....	39
3.5.13	Sistemas de control.....	40
3.6	Maquinaria y equipo dentro del invernadero.....	42

3.6.1	Tipos de operaciones agrícolas para la producción de cultivos en invernaderos.....	46
3.6.1.1	Manejo de sustratos.....	46
3.6.1.1.1	Equipo para el desmenuzado y mezclado del sustrato .....	46
3.6.1.1.2	Equipo para la esterilización de sustratos.....	48
3.6.1.2	Siembra en bandejas.....	50
3.6.1.2.1	Equipo para la esterilización de las bandejas.....	50
3.6.1.2.2	Equipo para el abastecimiento de bandejas.....	51
3.6.1.2.3	Equipo a para el llenado de recipientes con sustrato.....	53
3.6.1.2.4	Dispositivo para el punzonado dentro de las cavidades de la bandeja.....	54
3.6.2	Equipos para la aplicación de material para el cubrimiento de la semilla en la siembra de charolas .....	57
3.6.3	Equipos para efectuar la humectación del sustrato para la germinación de semilla.....	59
3.6.4	Dispositivos para efectuar el apilado y acomodo de recipientes para su traslado a una cámara de germinación....	59
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	63
<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	64
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	65
	.....	
	.....	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>figura No.</b>		<b>No. de Pag.</b>
Fig. (3.1)	Invernadero	9
Fig.(3.1.1)	Invernadero plano o tipo parral	10
Fig. (3.1.2)	Invernadero en raspa y amagado	13
Fig.(3.1.3)	Invernadero asimétrico o inacral	14

Fig.(3.1.4).	Invernadero de capilla.	16
Fig.(3.1.5)	Invernadero de doble capilla.	17
Fig.(3.1.6)	Invernaderos tipo túnel o semicilíndrico.	18
Fig.(3.1.7)	Invernadero de cristal o tipo venlo.	19
Fig.(3.2)	Estructura del invernadero.	21
Fig.(3.4.2)	Requerimiento de las plantas (CHONS).	24
Fig.(3.5.1)	Sensores de Sólidos Solubles Totales y Ph.	27
Fig.(3.5.2)	Termo-humidistato.	28
Fig.(3.5.3)	Sistema de Nebulización.	29
Fig.(3.5.4).	Estación Metereológica	30
Fig.(3.5.5)	Determina la velocidad y dirección del viento	31
Fig.(3.5.6)	Medidor y Controlador de CO2.	32
Fig.(3.5.7)	Actuadores electromecánicos.	33
Fig.(3.5.8)	Equipo de Ventilación.	34
Fig.(3.5.8.1)	Equipo de Ventilación	35
Fig.(3.5.9)	Pantalla térmica abriendo	35
Fig.(3.5.9.1)	Moto-reductor operación pantalla	36
Fig.(3.5.10)	Sistema de calefacción de aire	36
Fig.(3.5.10.1)	Calefactor a gas con ventilador	37
Fig.(3.5.11)	Sistema de Enfriamiento <b>Fog System</b>	38
Fig.(3.5.12).	Unidad de enriquecimiento carbónico	39
Fig.(3.5.13)	Controlador Central	40
Fig.(3.5.13.1)	Controladorcentral.	41
Fig.(3.6)	Motocultor	43
Fig.(3.6.1)	Fresadora de doble hilera.	43
Fig.(3.6.2)	Arado monosurco.	44
Fig.(3.6.3)	Surcador.	44
Fig.(3.6.4)	Equipo para sulfatar.	44
Fig.(3.6.5)	Cultivador.	45
Fig.(3.6.6)	Sembradora.	45
Fig. (3.6.1.1.1)	Mezclador por lotes, tipo tambor rotativo	47
Fig.(3.6.1.1.1.1)	Mezclador de sustrato.	48
Fig. (3.6.1.1.2)	Plantas listas para transplantarse con el cepellón.	48
Fig. (3.6.1.1.3)	Equipo para el lavado de las bandejas.	50
Fig.(3.6.1.2)	Equipo empleado en la esterilización de bandejas.	50
Fig. (3.6.1.3)	Equipo para la pasteurización de las bandejas por medio de	51

	calor.	
Fig. (3.6.1.4)	Máquina desapiladora de bandejas.	<b>52</b>
Fig.(3.6.1.5)	Máquina desapiladora de bandejas.	<b>52</b>
Fig. (3.6.1.6)	Equipo para el llenado de las bandejas.	<b>53</b>
Fig. (3.6.1.7)	Dispositivo de razado y nivelación de una llenadora de bandejas.	<b>54</b>
Fig. (3.6.1.8)	Dispositivo de punzonado mecánico.	<b>55</b>
Fig.(3.6.1.8.1)	Sembradora de bandeja manual neumática	<b>55</b>
Fig. (3.6.1.8.2-3)	Sembredoras manual-mecanica.	<b>56</b>
Fig. (3.6.1.9)	Sistema de punzonado automático.	<b>57</b>
Fig. (3.6.1.10)	Sistema de punzonado tipo tambor giratorio	<b>57</b>
Fig. (3.6.1.11)	Cubridor de semilla.	<b>58</b>
Fig. (3.6.1.12).	Cubridor se semilla tipo fondo móvil.	<b>58</b>
Fig. (3.6.1.13)	Sistema de riego por aspersion	<b>59</b>
Fig. (3.6.1.14)	Carretillas para el traslado de pequeños lotes de bandejas.	<b>60</b>
Fig. (3.6.1.15)	Carro remolque que puede ser jalado por un tractor pequeño para trasladar bandejas.	<b>60</b>
Fig. (3.6.1.16)	Bandejas estibadas, para su manejo con montacargas.	<b>61</b>
Fig. (3.6.1.17)	Montacargas del tipo patín hidráulico.	<b>61</b>
Fig. (3.6.1.18)	Montacargas de accionamiento por el sistema hidráulico del tractor	<b>61</b>
Fig. (3.6.1.19).	Montacargas autopulsado.	<b>62</b>

## I.- INTRODUCCIÓN

Los invernaderos son barreras físicas entre el cultivo y el medio ambiente, que permiten la creación de un microclima específico; la protección de las plantas contra factores climáticos adversos como la lluvia y el viento, plagas, enfermedades y animales; y un manejo apropiado del cultivo, creando condiciones favorables mediante la aplicación de tecnologías como la calefacción, sistemas de enfriamiento y emisiones de CO<sub>2</sub> y un uso más efectivo de agroquímicos y agentes biológicos.

A diferencia del cultivo a campo abierto, donde el campesino se preocupa básicamente por mejorar las condiciones de nutrición de la planta a nivel del suelo, el manejo en ambientes protegidos permite aprovechar el potencial genético de la planta cuidando no solo de la raíz, sino la parte aérea, con el fin de alcanzar una mayor rentabilidad económica.

Pese a que este tipo de estructura permite una optimización de la producción, es tan solo una herramienta, por lo cual el agricultor debe diseñar su proyecto antes de plantearse la construcción de un invernadero.

Para ello debe tomar en cuenta qué quiere hacer, conocer el clima y aspectos geográficos de su finca, definir los requerimientos agronómicos del cultivo, los recursos técnicos económicos, los recursos humanos y el mercado, hacer un plan de negocios y medir su capacidad de inversión y de retorno.

Solo una vez dados esos pasos se puede pasar a la fase de definición del invernadero, la inversión y la tecnología.

Para definir el diseño de un invernadero, el agricultor junto con los especialistas deben tomar en cuenta una serie de parámetros externos e internos.

Entre los parámetros exteriores están la radiación solar, la temperatura, la altura, las precipitaciones y el grado de humedad, el viento que puede ejercer cierto tipo de presión sobre el sistema, el suelo que definirá el tipo de bases que hay que colocar y el tipo de estructura que debe soportar el peso del agua, los granizos y, en otras latitudes, la nieve.

A lo interno será fundamental controlar la luz o energía, la temperatura, la ventilación, la humedad relativa y la disponibilidad de CO<sub>2</sub>. Igualmente, el peso del cultivo, tanto del follaje como del fruto y el de equipos como ventiladores, enfriadores, estructuras de soporte, sistemas de calefacción. (Marín González R. 2003)

### **1.1.- Antecedentes**

En los últimos años la agricultura nacional ha perdido gran parte de sus integrantes, cada día menos personas se dedican al cultivo o a la cría de animales. Se considera que solo 2 a 3% de nuestra población se dedica al campo, y en nuestro país ser campesino o agricultor por lo general es sinónimo de pobreza.

Los precios de los alimentos se elevan constantemente e incluso suele haber escasez debido al abandono del campo y las condiciones climatológicas, actualmente. Estos factores provocan severos problemas de alimentación en gran parte de los países del mundo.

En nuestro país las semillas y los vegetales integran el 80% de la alimentación, a diferencia de otros países industrializados en los que

estos productos constituyen sólo el 50% y el resto productos de origen animal.

Por eso la importancia de buscar una alternativa en la producción agrícola para satisfacer la gran demanda de productos naturales.

Esta situación junto con la demanda creciente de alimentos y el deterioro del medio ambiente nos obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso de los recursos de manera más eficiente y sustentable. Una buena opción de producción que contribuye a reducir los efectos mencionados, es la producción de hortalizas en invernadero, sistema que puede manejarse con diferentes niveles de equipamiento. (Arsflorae, 2005).

En el mundo existen alrededor de 280 mil hectáreas dedicadas al cultivo de Hortalizas y Floricultura de Invernadero (o de ambiente controlado), siendo por mucho el continente Asiático y Europeo las regiones con más hectáreas dedicadas al cultivo bajo esta técnica. México cuenta actualmente con 748 Ha.

Las principales hortalizas que se cultivan bajo esta técnica son tomate, pimiento y pepino, en ese orden.

La mayor parte de las hectáreas dedicadas a las hortalizas de invernadero se concentran en la región noroeste del país, siendo Jalisco el estado con el mayor no. de hectáreas, contando con alrededor de doscientas hectáreas bajo este sistema de cultivo. En segundo lugar les sigue la zona centro.

No existen estadísticas oficiales respecto a la producción de hortalizas de invernadero en nuestro país, aunque se estima que prácticamente el 100% de la producción nacional se destina al mercado estadounidense. (SIAP Sagarpa. 2001).

## 1.2.- Problemática

La función de los invernaderos es la de modificar total o parcialmente aquellas condiciones de clima que son adversas, además de aplicar agua y fertilizantes de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas; esto se traduce en incrementos significativos de producción, tanto en cantidad como en calidad. Si usamos la información y recursos a nuestro alcance, y nos especializamos en algún cultivo (fuera de temporada), trabajando con el máximo esfuerzo para producir, obtendremos beneficios a partir de la primera cosecha, ya que sólo el Distrito Federal es un mercado potencial con más de 20 millones de clientes, hay casi 100 millones de posibles clientes en la República Mexicana. Además con la unión de los pequeños y medianos productores, igualando la fecha de siembra, la semilla y el tiempo de cosecha, es posible comercializar con mayoristas, sin contar con el mercado exterior que se interesa en adquirir productos frescos y de buena calidad.

Siendo así una alternativa de desarrollo para las comunidades rurales de nuestro país llevándoles tecnología de bajo costo pero de gran utilidad en el aspecto de la producción agrícola. Como lo son invernaderos para la producción de hortalizas.

Sin embargo, antes de incursionar en este sistema de producción se debe tener en cuenta que producir en condiciones de invernadero es más costoso que producir en campo abierto, y que no es tarea fácil ya que se trata de practicar agricultura de precisión.

También se debe tener en cuenta que si bien, las condiciones ambientales dentro del invernadero le son favorables a las plantas para que expresen su potencial de producción, también son favorables para la presencia y daño por plagas y enfermedades, por lo cual se deben implementar medidas preventivas y correctivas, pues plagas y/o

enfermedades pueden acabar con el cultivo en su totalidad en un corto espacio de tiempo. (Mario Steta. 2004).

En una forma mas especifica las condiciones favorables o ventajas de este sistema de producción se puede clasificar las siguientes cuestiones:

- Se reduce el tiempo y el trabajo de producción, ya que es posible optimizar las condiciones de producción.
- Se puede seleccionar el medio de crecimiento y controlar las condiciones ambientales, por lo que el desarrollo y crecimiento del cultivo es controlable.
- Se obtienen plántulas de gran homogeneidad y calidad, debido al alto grado de control y optimización.
- Se facilita la mecanización del transplante, debido al desarrollo más uniforme de las plántulas.
- Se logra disminuir considerablemente los fallos, así como el periodo de arraigo de la planta en la parcela, posterior al transplante.
- Se incrementan los rendimientos y la precocidad de la cosecha.
- Se reducen los trabajos de manejo debido a que se incrementan las posibilidades de mecanizar algunas de las operaciones.
- Se mejoran las posibilidades de aguantar las plántulas en el semillero, cuando es necesario demorar el transplante.
- Existen menores posibilidades de dispersión de enfermedades.
- La alta uniformidad en el desarrollo y tamaño de las plántulas proporciona una mayor precocidad y uniformidad en la floración y en la maduración de los cultivos, lo que reduce también los costos de cosecha, ya que a mayor uniformidad de maduración, se requieren menos pasos para la recolección de los productos.

- Mejora sustancial en el ahorro de agua, insumos, mano de obra y espacio.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

Así mismo los inconvenientes de este sistema de producción podrían resumirse en estos puntos:

- Es una técnica poco apta para ser utilizada por el propio horticultor. Es más propia de empresas especializadas en la producción.
- Requiere de personal conocedor y especializado en la aplicación de la técnica.
- Demanda materiales y tecnologías específicas para la producción.
- El espacio necesario por unidad de producción es mayor, debido a que la cantidad de plantas por unidad de superficie es menor.
- El coste de producción por planta es mayor.

Este sistema de producción, según (Muñoz, R. J. J., 2003) dice que son propiamente, los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atiende a determinadas características de sus elementos constructivos (por su perfil externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura).

Para llevar a cabo la elección de un tipo de invernadero se tiene que tomar en cuenta una serie de factores o aspectos técnicos que son de gran importancia para el buen funcionamiento y rentabilidad del mismo los cuales son:

- a) 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.

- b) Topografía:** Son preferibles lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur.
- c) Vientos:** Se tomarán en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.
- d) Exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo.**
- e) Características climáticas de la zona o del área geográfica donde vaya a construirse el invernadero.**
- f) Disponibilidad de mano de obra** (factor humano).
- g) Imperativos económicos locales** (mercado y comercialización).

(e-campo, 2005).

### **1.3.- Justificación**

En la actualidad el campo mexicano enfrenta un rezago tecnológico; dicho factor se enfoca en el medio rural, para combatir la escasez de alimento y pobreza de estas zonas; éste trabajo, especifica los factores y metodologías utilizadas en nuestro país para una explotación agrícola, mas tecnificada como es un sistema de producción bajo invernadero teniendo como propósito en este sistema generar alimentos, con pocos recursos; los cuales son de vital importancia.

Estos recursos son un factor limitante para la producción agrícola, ya que debido ala poca disponibilidad de agua, fertilizante y el clima apropiado se obtendría una producción eficiente y por consecuente satisfactoria utilizando esta tecnología de producción.

Es por eso que la finalidad de este trabajo es dar información poniendo al alcance mejores servicios técnicos en zonas rurales, llevando información

de esta alternativa de producción basada en la tecnificación del campo mexicano.

## II.- OBJETIVOS

- Sistematización y análisis de información de los sistemas de producción en cerrado.
- Recopilar y sistematizar información de los sistemas de producción de agricultura protegida.
- Recopilar información los materiales comunes utilizados en la infraestructura de los invernaderos.
- Recopilación de información sobre los sistemas de control y maquinaria utilizada en la producción bajo invernadero.

### III.- REVISION DE LITERATURA.

#### 3.1- Tipos de invernaderos



Fig. (3.1) Invernadero.

Según la conformación estructural, los invernaderos se pueden clasificar en:

- A)** Planos o tipo parral.
- B)** Tipo raspa y amagado.
- C)** Asimétricos.
- D)** Capilla (a dos aguas, a un agua).
- E)** Doble capilla.
- F)** Tipo túnel o semicilíndrico.
- G)** De cristal o tipo Venlo.

Con el fin de establecer el invernadero más adecuado, basado y soportado en un estudio técnico y estructural se dan a conocer las características de cada tipo de invernaderos antes descritos.

### **A) Invernadero plano o tipo parral**

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, (**una estructura vertical y otra horizontal**); Como se observa en la Fig. (3.1.1).



Fig.(3.1.1) Invernadero plano o tipo parral

- **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 2m, en sentido longitudinal y 4m, en dirección transversal, aunque también se presentan separaciones de 2x2 y 3x4.

Los soportes perimetrales tienen una inclinación hacia el exterior de aproximadamente 30° con respecto a la vertical y junto con los vientos que sujetan su extremo superior sirven para tensar las cordadas de

alambre de la cubierta. Estos apoyos generalmente tienen una separación de 2m, aunque en algunos casos se utilizan distancias de 1.5m.

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.

Entre otras características este tipo de invernadero plano tiene una altura de cubierta que varía entre 2.5 y 3.5m. Y la altura de las bandas oscila entre 2 y 2.5m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncos piramidales prefabricados de hormigón colocados sobre pequeños pozos de cimentación.

#### **Las ventajas de los tipos de invernaderos planos 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.

#### **Las desventajas que presenta 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.

#### **B) 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 y 4.5 m, formando lo que se conoce como raspa como se observa en la Fig.(3.1.2). En la parte más baja, conocida como amagado, se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permite colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2.5 m, la de las bandas entre 2 y 2.5 m.

La separación entre apoyos y los vientos del amagado es de 2x4 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.



Fig. (3.1.2) Invernadero en raspa y amagado.

**Las ventajas de los invernaderos tipo raspa y amagado 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 cumbre.

**Las desventajas de este tipo de invernadero 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.

### C) invernadero asimétrico o inacral

Este tipo de invernadero se difiere de los tipo raspa y amagado como se muestra en la Fig.(3.1.3); 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.



Fig.(3.1.3) Invernadero asimétrico o inacral.

Este tipo de invernadero se 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  $60^\circ$  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  $11^\circ$  en la cara sur y entre los  $18$  y  $30^\circ$  en la cara norte.

La altura máxima de la cumbrera varía entre 3 y 5m, y su altura mínima de 2.5 a 3m. La altura de las bandas oscila entre 2.5 y 3m. La separación de los apoyos interiores suele ser de 2x4 m.

#### **Ventajas de los invernaderos asimétricos.**

- 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.

#### **Inconvenientes de los invernaderos asimétricos:**

- 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.

#### **D) Invernadero de capilla.**

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas según ilustra la Fig.(3.1.4).

**Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:**

- 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.
- Permite la unión de varias naves en batería.



Fig.(3.1.4). Invernadero de capilla.

La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16m. La altura en cumbre está comprendida entre 3.5 y 4m. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a  $25^\circ$  no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia.

La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

### **E) Invernadero de doble capilla.**

Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas según Fig.(3.1.5). 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.



Fig.(3.1.5) Invernadero de doble capilla.

Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

### **F) Invernadero túnel o semicilíndrico**

Este tipo de invernadero 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 según se observa en la Fig.(3.1.6).



Fig.(3.1.6) Invernaderos tipo túnel o semicilíndrico.

Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5x8 o 3x5 m. La altura máxima de este tipo de invernaderos oscila entre 3.5 y 5 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2.5 a 4m.

El ancho de estas naves está comprendido entre 6 y 9m y permiten el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero.

#### **Ventajas de los invernaderos tipo túnel.**

- Estructuras con pocos obstáculos en su estructura.
- 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.

**Inconvenientes.**

- Elevado costo.
- No aprovecha el agua de lluvia.

**G) Invernaderos de cristal o tipo venlo.**

Este tipo de invernadero, también es llamado Venlo, es de estructura metálica prefabricada con cubierta de vidrio y se emplean generalmente en el Norte de Europa. Según Fig.(3.1.7).



Fig.(3.1.7) Invernadero de cristal o tipo venlo.

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 2 a 3 m. Desde los canales hasta la cumbre hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1.5m. y anchura que varía desde 0.75m hasta 1.5m.

La separación entre columnas en la dirección paralela a las canales es de 3m. En sentido transversal están separadas 2 a 3m si hay una línea de columnas debajo de cada canal.

**Ventajas.**

- Buena estanqueidad lo que facilita una mejor climatización de los invernaderos.

**Inconvenientes.**

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

Así mismo, como se eligió el tipo de invernadero; es necesario también elegir el material con el cual se va a construir la estructura del invernadero debido a que es de gran importancia, ya que de esta elección depende el costo y la duración de la estructura.

**3.2.- Materiales empleados en las estructuras de los invernaderos.**

Por lo general la estructura; según se observa en la Fig.(3.2) es el armazón del invernadero, constituida por pies derechos, vigas, cables, correas, etc., que soportan la cubierta, el viento, la lluvia, la nieve, los aparatos que se instalan, sobrecargas de entutorado de plantas, de instalaciones de riego y atomización de agua, etc. Deben limitarse a un mínimo el sombreo y la libertad de movimiento interno.

Así mismo para seleccionar el tipo de material adecuado para la construcción de la estructura del invernadero es necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones que deben de reunir como regla:



Fig.(3.2) Estructura del invernadero.

- Deben ser ligeras y resistentes.
- De material económico y de fácil conservación.
- Susceptibles de poder ser ampliadas.
- Que ocupen poca superficie.
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

La estructura del invernadero es uno de los elementos constructivos que mejor se debe estudiar, desde el punto de vista de la solidez y de la economía, a la hora de definirse 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 distintos materiales. En las estructuras de los invernaderos que se construyen en la actualidad se combinan los materiales siguientes: madera y alambre; madera, hierro y alambre; hierro y madera; hierro, alambre y madera; hormigón y madera; hormigón y hierro; hormigón, hierro, alambre y madera.

### **3.3.- Importancia, económica, social e impacto ambiental de los invernaderos.**

Al realizar este estudio sobre invernaderos también es necesario mencionar, que se necesita saber las consecuencias que este tipo de sistema de producción puede ocasionar en contra del ecosistema o del medio ambiente ya que en nuestro país no hay estudios sobre este problema, debido ha que nos encontramos en un país en subdesarrollo, pero en otros países si tienen referencias sobre este problema.

En España, Italia, Marruecos, etc. los invernaderos ocupan grandes espacios en las zonas rurales, dónde las formas de producir frutas, hortalizas y flores influyen decisivamente en el desarrollo económico de miles y miles de familias y afecta al progreso de gran número de municipios. El control del clima en los invernaderos de muchas regiones mediterráneas afecta a los calendarios de oferta del circuito alimentario europeo de ciertas hortalizas y frutas.

La importancia ambiental, social y económica en la evolución de los sistemas de producción de frutas, hortalizas y flores es de gran importancia. Esto se debe al control del clima en los invernaderos y los nuevos criterios de programación de los calendarios de plantación, dependiendo de los recursos climáticos de las organizaciones de productores.

Las nuevas inversiones en equipamiento para la producción hortícola basadas en factores climáticos, tienen una importancia estratégica para las comunidades que basan su desarrollo en la industria hortícola.

### **3.4.- Tipos de materiales y técnicas utilizadas en invernaderos.**

### **3.4.1.- Plásticos: cubiertas inteligentes.**

Las industrias especialistas en plásticos para agricultura poseen hoy en día una amplia gama de soluciones para maximizar la productividad y planificar las cosechas bajo invernadero. Las innovaciones en materiales plásticos presentan alternativas eficaces y económicas para cada situación agronómica. En plásticos rígidos, las placas onduladas se han impuesto sobre los agricultores prefieren materiales menos susceptibles al envejecimiento por la radiación ultravioleta y al calor. Por ahora, en estos plásticos se prefiere el Policarbonato, Policloruro de vinilo vorientado (PVC) y el polimetacrilato de metilo.

Las nuevas generaciones de plásticos para invernaderos incorporarán, de ser ciertas, las ventajas que anuncian sus creadores; otro paisaje industrial para la horticultura, debido a su resistencia, duración y efectos térmicos o lumínicos.

Para maximizar la productividad de la cosecha los productores intentan que el porcentaje de radiación fotosintéticamente activa que llegue a las plantas sea la mayor posible.

Con ciertos plásticos, al combinar características de termicidad y efectos difusores se consigue una distribución adecuada de la luz sobre las plantas y mayor temperatura en el invernadero.

### **3.4.2.- Tecnificación**

Hoy en día, el invernadero altamente tecnificado no es siempre el más rentable para los agricultores, ya que con tecnología aparentemente sencilla y de menor inversión, aseguran algunos, haber encontrado el equilibrio entre producción, calidad y rentabilidad en sus cultivos hortícolas.

La mayoría de ordenadores climáticos controlan en cuestión de minutos las condiciones ambientales de un invernadero cubierto con uno u otro tipo de plástico o de cristal, de un parral plástico o de una estructura de producción basada en nuevos diseños de mallas.

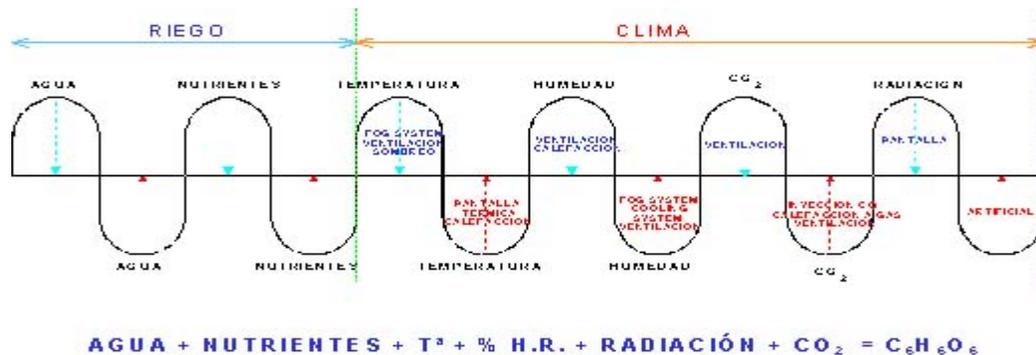


Fig.(3.4.2) requerimiento de las plantas (CHONS)

Como se observa en la (Fig.3.4.2), se pueden apreciar los distintos parámetros que deben gestionar los ordenadores climáticos.

### 3.4.3.- Ventilación

El intercambio de aire entre el interior y exterior del invernadero condiciona de una manera determinante el clima que habrá en su interior. El clima natural se deriva de las condiciones del exterior.

La ventilación o el forzado con impulsión de aire afecta directamente a la temperatura, humedad y concentración de CO<sub>2</sub>, incidiendo en gran medida en un buen número de procesos fisiológicos básicos, como por ejemplo, la transpiración del cultivo.

### 3.4.4.- Mallas

Las mallas "antitrips" para evitar la entrada de ciertas plagas en un cultivo cerrado deben tener un tamaño de poros de dos décimas de milímetros aproximadamente. Ciertas mallas utilizadas en la horticultura reducen la tasa de ventilación, y sin embargo, su utilización puede ser una medida profiláctica de extraordinario valor económico o un eficaz modo de producir frutas, hortalizas y flores de modo intensivo durante su estación natural.

Estamos ante un tema estratégico y en permanente evolución, en el cual se esta aportando, una visión imprescindible, actualizada y global del CONTROL CLIMÁTICO como factor económico clave en la producción de frutas, hortalizas, flores y plantas de vivero. (ESPOCH. Tipos de invernaderos. 2005).

### **3.5.- Tecnología de sistemas de control utilizados en invernaderos.**

Los controles electrónicos son actualmente de uso generalizado en los invernaderos. Inicialmente se aplicaron para gestionar el aporte de agua y nutrientes a las plantas, optimizando el fertirriego, en la actualidad se utilizan también para control de los trabajos de los operarios y, esencialmente, para el control ambiental de los invernaderos.

Para el aporte correcto de agua y nutrientes; los controladores procesan las señales proporcionadas por sensores de conductividad eléctrica, pH, volumen drenado, y en algunos casos también radiación; y gestionan el aporte de solución a las plantas, y la composición de la misma, mediante electroválvulas. Son dispositivos muy contrastados, no específicos de cultivos forzados bajo plástico, y de uso general en la agricultura.

En estos tiempos se están introduciendo, con gran éxito fundamentalmente en grandes explotaciones, los controladores de los trabajos que realizan los operarios dentro de los invernaderos.

Estos equipos registran la labor que está realizando cada individuo, despunte, recolección, etc., las líneas de cultivo en las que está trabajando, el tiempo empleado, etc. Suponen una herramienta adecuada para mejorar los costos de mano de obra, que en este sistema de producción tienen una importancia muy relevante, superando el 40% del total.

Pero donde los controles electrónicos tienen cada vez más importancia es en la gestión del clima de los invernaderos. Todos los equipos de control climático requieren sistemas informáticos para su gestión, debido al gran número de variables e interacciones que se han de tener en cuenta para su manejo.

Así, actualmente estos equipos disponen de sensores capaces de medir las diferentes variables climáticas, principalmente temperatura, humedad relativa o absoluta, radiación solar incidente, concentración de CO<sub>2</sub>, velocidad y dirección del viento, etc.

Todos esos datos se registran y representan gráficamente en un ordenador, que además es el encargado de verificar las consignas de control introducidas por el usuario y de enviar las señales pertinentes para que se pongan en funcionamiento o se detengan los distintos equipos de control climático. Por su especial importancia actual, nos vamos a detener en los sensores, actuadores y sistemas de control utilizados. (D.L.Valera, F.D.Molina, A.Peña 2003).

### **3.5.1.- Sensores**

Los diferentes parámetros necesarios para realizar el control climático de un invernadero se miden con sistemas electrónicos, Fig.(3.5.1), que transforman las magnitudes físicas en señales eléctricas para que puedan ser interpretadas por el equipo de control.



Fig.(3.5.1). Sensores de Sólidos Solubles Totales y Ph.

**Los parámetros más utilizados son los siguientes:**

### **3.5.2.- Temperatura**

Las medidas de la temperatura del aire, tanto en el interior como en el exterior del invernadero, se realizan por medio de termoresistencias, termopares o termistores, situados dentro de una cápsula ventilada a una velocidad superior a 3 m/s y no expuesta a la radiación solar. La absorción de energía radiante por exposición de la sonda a la radiación puede provocar sobrevaloraciones de la temperatura del aire Fig.(3.5.2).



Fig.(3.5.2). Termo-humidistato

Determina temperatura y humedad relativa interior.

Las termoresistencias son sensores basados en la variación de la resistencia eléctrica de un conductor con la temperatura. Como elemento resistivo se suele utilizar un hilo de platino, debido a la pureza con que se obtiene y a la constancia de sus propiedades físicas y químicas a lo largo del tiempo. Su rango de medida suele ser de  $-10$  a  $60$  °C, con una precisión de  $0,1$  °C. Necesitan una fuente de alimentación externa para su funcionamiento. Sensores de este tipo, que se utilizan con mayor frecuencia en los invernaderos, son las termoresistencias de platino de  $100$  y  $1000$ , denominadas como sondas Pt-100 y Pt-1000.

Un par termoeléctrico es un circuito constituido por dos conductores metálicos unidos por sus extremos, cuyas soldaduras se mantienen a temperaturas distintas. En estas condiciones aparece una fuerza electromotriz, que depende de los metales utilizados y de la diferencia de temperatura de las soldaduras. Basándose en este efecto se mide la temperatura del aire.

### 3.5.3.- Humedad

Los sensores permiten mediante lecturas de humedad, o combinadas con otras de temperatura, obtener índices tan importantes como la humedad relativa, humedad absoluta, punto de rocío, déficit hídrico y déficit de presión de vapor según se observa en la Fig.(3.5.3).



Fig.(3.5.3) Sistema de Nebulización

El higrómetro es un instrumento que mide directamente el grado de humedad relativa del aire. El tipo más antiguo, denominado higrómetro de cabello, lo hace por medio de materias higroscópicas que, al absorber la humedad ambiente, se alargan proporcionalmente a la humedad relativa del aire.

Uno de los sensores más utilizados en control climático de invernaderos son los psicrómetros, que miden simultáneamente la temperatura del aire seco y la temperatura de termómetro húmedo, obtenida mediante una mecha de algodón que permanece siempre mojada por medio de un pequeño depósito de agua.

Al evaporarse el agua de la mecha, enfría el termómetro proporcionalmente a la humedad del aire ambiente. El termómetro seco indica, por el contrario, la temperatura del aire independientemente de su estado higrométrico. La diferencia existente entre la temperatura de

ambos instrumentos permite deducir la humedad relativa del aire conocida la presión atmosférica.

Actualmente existen en el mercado sondas de humedad relativa de tipo capacitivo que utilizan materiales higroscópicos cuya resistencia eléctrica disminuye de forma proporcional a la cantidad de vapor de agua absorbida. Presentan la ventaja con respecto a los psicrómetros de no necesitar mantenimiento riguroso, aunque es muy importante el que se realice de forma regular una correcta calibración de la sonda.

#### 3.5.4.- Radiación

La medida de la radiación solar global incidente sobre un plano horizontal, exterior al invernadero, se realiza mediante un piranómetro, colocado a una altura de dos metros sobre el terreno, en las proximidades del invernadero, aunque generalmente se sitúa sobre la cubierta del mismo según se observa en la Fig.(3.5.4).



Fig.(3.5.4). Estación Metereológica

La medida de la radiación solar global incidente sobre un plano horizontal, interior al invernadero, se debe realizar a la altura de la masa foliar de las plantas, aunque normalmente se coloca muy por encima del dosel vegetal.

El sensor quantum permite la medida de la radiación fotosintéticamente activa, mediante un diodo semiconductor de silicio, en el cual los rayos luminosos incidentes provocan variaciones en la corriente eléctrica, ya que su resistividad experimenta un descenso muy importante cuando se proyecta un haz luminoso cerca de la punta o electrodo montado en su base. Su rango de medida está comprendido entre 380 y 780 nm y su precisión es de menos de un 5% de la radiación medida. Tiene gran sensibilidad y rapidez de respuesta, aunque se ven afectados fácilmente por perturbaciones externas.

### 3.5.5.- Velocidad y dirección del viento.



Fig.(3.5.5).Determina la velocidad y dirección del viento

La lectura de la velocidad del viento se suele realizar mediante un anemómetro de cazoletas, que incorpora una dinamo tacométrica o alternador, cuya salida analógica depende de la velocidad de giro de las cazoletas. Esta velocidad de rotación es proporcional a la del viento al cuadrado y al coeficiente de forma de las cazoletas. El sensor necesita un valor mínimo de velocidad del viento para comenzar a funcionar, normalmente entre 0,5 y 1 m/s. según se observa en la Fig.(3.5.5).

Para velocidades de viento pequeñas, por ejemplo para medir velocidad de viento en el interior del invernadero, se utilizan sensores basados en anemometría de hilo caliente, aunque su uso está limitado a trabajos de investigación.

La dirección del viento se puede medir con una veleta que envía una señal eléctrica proporcional al ángulo que ésta forma con el Norte. Para la medida en el exterior, los sensores han de situarse próximos al invernadero.

### 3.5.6.- Concentración del CO<sub>2</sub>.

La concentración de CO<sub>2</sub> se mide mediante analizadores de gases en el infrarrojo dado que la absorción de radiación infrarroja que se produce en una muestra de aire es proporcional a su concentración en CO<sub>2</sub>. según se puede observar en la Fig.(3.5.6).



Fig.(3.5.6). Medidor y Controlador de CO<sub>2</sub>

La precisión de los sensores por absorción de infrarrojos es de decenas de partes por millón y varía cuando la humedad relativa es elevada, debido a la alta absorción que también origina el vapor de agua.

### 3.5.7.- Actuadores

La regulación automatizada del clima del invernadero se realiza a través de los equipos de control. En función de las diferentes señales enviadas por los sensores y mediante los algoritmos y funciones registrados en la memoria del equipo de control, éste determina las modificaciones que se deben producir en los diferentes sistemas de climatización disponibles en el invernadero. Para ello envía una serie de órdenes a los diferentes actuadores (bombas, válvulas, motores, etc.). Como se observa en la figura (3.5.7).



Fig.(3.5.7). Actuadores electromecánicos.

En forma de señales eléctricas que actúan directamente sobre los elementos mecánicos o a través de rieles eléctricos.

Los actuadores son los dispositivos, equipos, etc., sobre los que actúa el controlador. Estos actuadores modifican y gestionan las condiciones del cultivo, según las premisas preestablecidas.

### 3.5.8.- Equipos de ventilación

La principal función de los equipos de ventilación, ya sea mediante simples aberturas, ventanas o mediante extractores, es de mantener un valor de la temperatura en el interior del invernadero por debajo de un valor máximo de consigna Fig.(3.5.8) y (3.5.8.1). Otras funciones de la ventilación pueden ser la regulación del nivel de humedad dentro del invernadero y de la concentración de CO<sub>2</sub>.



Fig.(3.5.8).Equipo de Ventilación.

Los motoredutores se utilizan en el caso de la ventilación natural para variar de forma progresiva la posición de las ventanas del invernadero. Estos actuadores son motores eléctricos que transmiten un movimiento de rotación a un eje situado perpendicularmente al de giro del motor.

Los motores enrollables se utilizan para el accionamiento de ventanas situadas verticalmente en los frontales o laterales del invernadero. Al igual que en el caso anterior, se trata de motores eléctricos. A diferencia del tipo anterior, este actuador convierte directamente su movimiento de rotación en una apertura o cierre de las ventanas.

En las instalaciones de ventilación forzada el aire circula dentro del invernadero debido principalmente al impulso generado por el movimiento rotatorio de las aspas de los extractores alrededor de su eje. (Guadalpalma.S.L).



Fig.(3.5.8.1). Equipo de Ventilación.

### 3.5.9.- Pantallas térmicas y mallas de sombreo

En las instalaciones de interceptación de radiación, el equipo de control regula solamente dos operaciones, extensión y recogida de las pantallas o mallas fig.(3.5.9).



Fig.(3.5.9).Pantalla térmica abriendo

Los actuadores utilizados para accionar el despliegue o repliegue de los diferentes paños son el mismo tipo de moto-reductores eléctricos Fig.( usados para los equipos de ventilación. En este caso el movimiento de giro de la barra de mando a la que se une el eje del actuador se

transforma en un movimiento lineal horizontal mediante un conjunto piñón-cremallera o mediante cables y poleas.



Fig.(3.5.9.1) Moto-reductor operación pantalla

### 3.5.10.- Equipos de calefacción

La regulación del funcionamiento de los equipos de calefacción puede implicar uno o varios actuadores en función del tipo de instalación y de su grado de sofisticación y capacidad de control. En los equipos de calefacción por aire caliente Fig.(3.5.10) se puede controlar el aporte de calor en función del caudal de combustible que se quema.



Fig.(3.5.10). Sistema de calefacción de aire

En las instalaciones de calefacción por agua caliente Fig. (3.5.10.1) el control de la energía calorífica transmitida al aire del invernadero se puede

realizar mediante la regulación de varios parámetros, como los caudales de agua circulante en los circuitos primario y secundario, o las temperaturas del agua de entrada y salida en el invernadero.



Fig.(3.5.10.1) Calefactor a gas con ventilador

Tanto en el caso de los calefactores de aire como en el de los quemadores de las calderas, se puede regular el caudal de combustible que se quema mediante una electroválvula. Este actuador transforma una señal eléctrica en la abertura o cierre de una válvula de forma que el equipo de control puede determinar el grado de apertura en función del caudal que es necesario quemar.

En las instalaciones de calefacción por agua caliente se utilizan una o varias bombas eléctricas para impulsar el agua y regular su circulación a lo largo de los circuitos primario, o de elevada temperatura, y secundario, o de baja temperatura. Las bombas pueden ser de caudal fijo o variable. En el primer caso el equipo de control envía una señal eléctrica que permite poner en marcha o parar la bomba. En el segundo, el controlador puede actuar modificando el caudal que impulsa la bomba.

Las electroválvulas de tres vías son actuadores que se utilizan para regular la mezcla de agua a dos temperaturas diferentes, con el fin de modificar la temperatura de entrada en el circuito secundario dentro del invernadero. Así se puede controlar el aporte de calor que permitirá variar la temperatura y humedad relativa del aire del invernadero.

### 3.5.11.- Equipos de refrigeración por evaporación de agua.

Tanto en el caso de instalaciones de nebulización como de pantallas evaporadoras, la capacidad de refrigeración es función del caudal de agua evaporado. En los paneles evaporativos intervienen además los extractores que determinan el flujo de aire a través de las pantallas humidificadoras.

Al igual que en el caso de los circuitos de calefacción, las bombas de impulsión permiten el accionamiento o paro de la circulación del agua a través de las pantallas evaporadoras o de las boquillas de nebulización Fig.(3.5.11).



Fig.(3.5.11). Sistema de Enfriamiento **Fog System**.

Las electroválvulas permiten controlar el paso de agua por los diferentes sectores que forman el circuito de circulación del agua. Normalmente sólo actúan cerrando o abriendo como respuesta a una señal eléctrica. Sin embargo, también se pueden utilizar válvulas reguladoras de caudal que permiten realizar un cierre progresivo y actuar así sobre el caudal de paso y sobre la presión del agua. (Infoagro 2001).

### 3.5.12.- Equipos de enriquecimiento carbónico.

En las instalaciones de inyección de CO<sub>2</sub> se regula la concentración del anhídrido carbónico mediante el aporte de mayor o menor volumen de gas dentro del invernadero. Para ello se puede actuar modificando el caudal de salida, que normalmente dependerá de la presión del CO<sub>2</sub> en el circuito. En este caso no es necesario utilizar bombas de impulsión para hacer circular el fluido hacia el invernadero, ya que al encontrarse el CO<sub>2</sub> a una elevada presión en el depósito, su salida se produce simplemente por diferencia de presión con el interior del invernadero. Fig.(3.5.12).

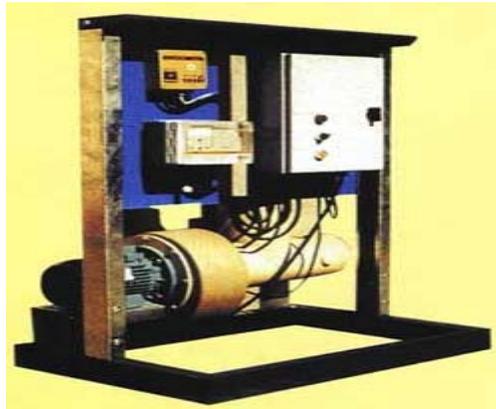


Fig.(3.5.12). Unidad de enriquecimiento carbónico.

Generalmente la inyección de CO<sub>2</sub> se regula actuando sobre las electroválvulas que controlan la salida del gas. El equipo controlador envía una señal eléctrica a la electroválvula para que abra o cierre la salida. De igual forma es necesaria una válvula que controle el circuito de las muestras de gas que se envían al sensor de medida de la concentración de CO<sub>2</sub>.

### 3.5.13.- Sistemas de control.

Para el control ambiental de los invernaderos es necesario modelar su comportamiento, teniendo en cuenta la diversidad de tipos de estructuras y de sistemas de calefacción o refrigeración. Igualmente hay que tener en cuenta los diferentes factores que intervienen: la penetración de la luz, las transferencias de masa y energía y el crecimiento de las plantas.



Fig.(3.5.13). Controlador Central que opera todos los equipos [Cortinas, ventilas, calefactor, pantalla térmica, nebulización y riego] en forma automática, con base en parámetros que le dan, para el día, para la noche y para el periodo DIF. Enciende alarmas cuando se rebasan límites especificados.

Protección contra situaciones extremas de viento, lluvia o temperatura.

La ventaja esencial de los modelos es que pueden dar acceso a un juego de consignas de clima, capaces de anticipar el impacto que ejerce una acción sobre los medios de climatización en el proceso estudiado. Dentro de este aspecto, la modelación de la tasa de ventilación del invernadero es una herramienta esencial del control del clima, ya que toda acción sobre el nivel de apertura de la ventana modifica a la vez varias variables de salida (temperatura, humedad relativa y concentración en CO<sub>2</sub> del aire). Fig.(3.5.13) y (3.5.13.1).

Se pueden utilizar algoritmos de optimización para el control de la calefacción en invernaderos comerciales. El algoritmo reside en un ordenador personal que se comunica con los controladores situados en

el invernadero y que recibe las predicciones meteorológicas a través de una conexión vía módem.

Actualmente se utilizan programas informáticos de dinámica de fluidos computacional (CFD) basados en el cálculo numérico, para obtener la distribución de temperatura y el flujo de aire (vectores de velocidad) dentro del invernadero en función de las condiciones climáticas externas. La modelación del flujo de aire consiste en determinar en todos los puntos en los que se divide el invernadero las variables representativas del flujo (presión, densidad, velocidad, temperatura).

De la variación de esas magnitudes características en el espacio y en el tiempo, se pueden deducir los intercambios de calor y de masa. La aplicación del método de CFD para el análisis de la ventilación en invernaderos ofrece una importante información sobre la influencia del viento y de la temperatura exterior en la ventilación. Actualmente, permite el estudio sistemático de la influencia del diseño del invernadero, principalmente del tipo y situación de las ventanas, en el flujo de aire interior.



Fig.(3.5.13.1). Controladorcentral.

Hasta la fecha, la aplicación de esta técnica se limita a la investigación y al estudio de la respuesta del invernadero a situaciones particulares y estables en el tiempo.

Sin embargo, tanto el avance en los procesos de cálculo numérico como en el de los microprocesadores pueden hacer posible en un futuro no muy lejano la aplicación de la dinámica de fluidos computacional a la gestión del clima del invernadero, de forma cuantitativa y cualitativa mejorando sensiblemente la homogeneidad de los parámetros ambientales y el rendimiento de los equipos y sistemas disponibles en la instalación. (Ramos Fernández C., Duran Herrero J.M., Garcia Rodríguez.S).

### **3.6.- Maquinaria ó equipo dentro del invernadero.**

La mecanización en los sistemas de producción bajo invernadero no es muy común en cuestión de la realización de las labores culturales, debido a las consecuencias de rezago tecnológico que se encuentra el sector agrario.

Según estadísticas el 40% del costo de la producción se destina para manutención de la mano de obra; que es utilizada para las labores de mantenimiento de cultivo en este sistema de producción.

Pero gracias a los apoyos dados a los agricultores se ha empezado la tecnificación en cuestión de mecanización; en relación con este concepto en los invernaderos de nuestro país se utiliza mayormente la modernización en los sistemas de control ambiental dentro del mismo que en la utilización de maquinaria para preparación de sustrato o suelo, siembra, limpieza y cosecha de los cultivos. (Tattersall 2005).

Únicamente la maquinaria es usada para el control de plagas y enfermedades y recolección de los frutos pero no en todos solamente en los más avanzados tecnológicamente como son: los que se encuentran en los estados del centro y bajío de nuestro país.

Aunque existe equipo agrícola que fue diseñado con el fin de realizar labores dentro de estas estructuras, pero no son aun muy utilizadas en nuestro país debido a la falta de recursos.

Por ejemplo serian: los motocultores, tractores pequeños así como sus implementos y aditamentos. (Lopez Galvez y Salinas Andujar 1999).

### **Motocultores y aditamentos utilizados para las distintas labores realizadas en los cultivos.**



Fig.(3.6). Motocultor

### **Tipos de aditamentos más comunes en este tipo de maquinaria**

#### **Fresadora de doble hilera. Fig.(3.6.1).**

Particularmente estudiada para trabajar en cultivos de remolacha y hortelania sembrada en hileras con anchos de 40-45-50 cm.



Fig.(3.6.1). Fresadora de doble hilera.

**Arado monosurco. Fig.(3.6.2).**



Fig.(3.6.2) Arado monosurco.

**Surcador Fig.(3.6.3).**



Fig.(3.6.3) Surcador.

**Equipo de sulfatar. Fig.(3.6.4).**



Fig.(3.6.4).equipo para sulfatar.

**Cultivador.** Fig.(3.6.5).



Fig.(3.6.5) Cultivador.

**Sembradora.** Fig.(3.6.6).



Fig.(3.6.6) Sembradora.

En México, dadas las diversas condiciones del medio natural, tecnológicas, económicas y sociales, también se conocen y aplican diversas modalidades de todo este amplio grupo de tecnologías de producción en la agricultura.

Es claro que las máquinas agrícolas constituyen uno de los Medios de Trabajo de mayor importancia en todas las tecnologías de producción en la agricultura, debido al papel que realizan en los distintos procesos y

operaciones, así como a sus elevados costos tanto de adquisición como de operación o utilización, por lo que su estudio se justifica ampliamente.

Así mismo, se define al sistema de máquinas como el conjunto de máquinas, implementos y tractores que garantizan la mecanización integral de todos los procesos tecnológicos y operaciones que constituyen a una determinada Tecnología de Producción.

La aplicación de la mecanización en invernaderos, consta con una serie de procesos y operaciones, entre las que destacan:

### **3.6.1.- Los tipos de operaciones agrícolas para la producción de cultivos en invernadero.**

#### **3.6.1.1.- Manejo de los sustratos.**

#### **3.6.1.2.- Siembra en bandejas o charolas.**

Es frecuente encontrar que los invernaderos más sofisticados están íntimamente relacionados con la producción de mini plántulas, plantas de vivero, hortalizas, flores, árboles ornamentales y árboles frutales o forestales.

A continuación se presenta el sistema de máquinas que participan en las operaciones del proceso tecnológico de siembra en bandejas.

#### **3.6.1.1.- Manejo de sustratos.**

##### **3.6.1.1.1.- Sistemas y equipos para el desmenuzado y mezclado del sustrato.**

En el mercado se pueden distinguir dos grandes tipos de equipos para el mezclado del sustrato: mezcladores por lotes o cargas y mezcladores continuos.

Los mezcladores por lotes (Fig. 3.6.1.1.1), son equipos que realizan un trabajo intermitente de carga, mezclado y descarga, con capacidades de trabajo que fluctúan entre los 0.8 a los 7 m<sup>3</sup>. Son equipos del tipo tambor rotativo, o de espas helicoidales y doblehelicoidales, que se cargan a su capacidad con material sin mezclar, ejecutan la acción de mezclado y desmenuzado del material, lo humedecen y posteriormente realizan la operación de descarga, evacuando todo el material en una sola descarga.

Por lo general la operación de carga se realiza en forma manual, y la descarga es por gravedad.

Los mezcladores continuos pueden ser alimentados manualmente con el material sin mezclar, o bien incluir un dispositivo de autoalimentación.

En su ciclo de trabajo la carga es intermitente, pero la descarga de material mezclado es continua, ya que con mucha frecuencia estos equipos forman una unidad con los equipos llenadores de bandejas; es decir, el depósito del equipo mezclador continuo se carga a toda su capacidad con material sin mezclar, mezcla el sustrato, lo humedece, puede también incluir inyectores para la pasteurización del sustrato con vapor, y finalmente en una operación de autodescarga, dosifica el material mezclado a una tasa de flujo regulada, según las capacidades de los contenedores, hacia el sistema de llenado de las bandejas (Fig.3.6.1.1.1.1).



Fig. (3.6.1.1.1). Mezclador por lotes, tipo tambor rotativo.

Estos equipos trabajan generalmente con ejes helicoidales dobles o con aspas colocadas helicoidalmente en los ejes, que provocan en el material las acciones de mezclado y traslado, regulando la tasa de entrega por medio de variaciones en la velocidad y en la apertura de las compuertas de descarga. En este tipo de equipos se pueden lograr rendimientos de mezclado de 30 a 40 m<sup>3</sup>/hora.



Fig.(3.6.1.1.1.1). Mezclador de sustrato

### **3.6.1.1.2.- Equipo para la esterilización de sustratos.**

Por su parte la esterilización del sustrato consiste en someter al mismo a distintos tipos de procesos o tratamientos que logren su inocuidad, entre los que se pueden mencionar, el tratamiento por medio de vapor de agua, la aplicación de calor en hornos, y las microondas.

En el caso específico de la producción de plántulas en semilleros modernos, por lo general esta operación no se realiza debido a que se utilizan sustratos que ya cuentan con una certificación que garantiza su inocuidad; además, el sustrato se lo llevan los clientes en forma de cepellón junto con las plántulas (Fig. 3.6.1.1.2).



Fig. (3.6.1.1.2). Plantas listas para transplantarse con el cepellón.

Algunas empresas que no se dedican a la producción de plántulas, sino a la producción de verduras de ciclo corto para el consumo en fresco, siembran las semillas en bandejas de plástico sin cavidades, previamente llenas de sustrato.

Las semillas se siembran en hileras, se cubren, se riegan y ahí cumplen su ciclo de crecimiento.

Cuando se alcanza la etapa de cosecha, una máquina segadora corta la parte aérea que se va a aprovechar de la planta, quedando las raíces de las mismas dentro de las bandejas en el sustrato. Para volver a utilizar el sustrato, el contenido de estas bandejas se vierte en una criba rotatoria en la que se separa el sustrato de las raíces de las plantas que ya se han cosechado.

Con el fin de evitar la contaminación con posibles plagas y enfermedades del cultivo que ya se ha cosechado, el sustrato, que en este caso sí se vuelve a utilizar, se somete a un proceso de pasteurización a base de vapor de agua. Una caldera genera el vapor, conduciendo al mismo por medio de tuberías. Sobre estas tuberías con ramificaciones, se coloca el sustrato cubriéndolo con una película de plástico para que no se pierda el calor.

La limpieza de las bandejas para eliminar los restos de plantas, sustrato o raíces, se puede llevar a cabo en forma manual, o bien en forma

automática utilizando equipos como el mostrado en la (Fig 3.6.1.1.3), el cual cuenta con un eficaz sistema de boquillas móviles que proyectan potentes chorros de agua por arriba y por debajo de las bandejas, eliminando cualquier residuo presente en las mismas. En este equipo, las bandejas tal y como llegan después de extraer las plantas, son desapiladas e introducidas automáticamente a la línea de lavado.



Fig. (3.6.1.1.3). Equipo para el lavado de las bandejas.

### **3.6.1.2.- SIEMBRA EN BANDEJAS.**

#### **3.6.1.2.1.- Equipo para esterilización de bandejas.**

La desinfección de las bandejas es una operación imprescindible en los viveros. Lo anterior se deriva de la necesidad de efectuar una reutilización sucesiva de las mismas, ya que las bandejas que se utilizan una gran cantidad de veces para la germinación y crecimiento de las plántulas en los semilleros se pueden convertir en un foco de infección, por lo que se hace necesario un estricto control de su inocuidad sanitaria, tanto a través de la desinfección como de la esterilización.

La desinfección de las bandejas (Fig. 3.6.1.2), se puede llevar a cabo mediante la inmersión de las mismas en soluciones de distintos tipos de productos químicos o mediante la aplicación de estos productos por medio de boquillas o aspersores de alta presión.



Fig.(3.6.1.2). Equipo empleado en la esterilización de bandejas.

Por su parte la esterilización de las bandejas (Fig. 3.6.1.3), consiste en someter a las mismas a distintos tipos de procesos o tratamientos que logren su inocuidad, entre los que se pueden mencionar, el tratamiento por medio de vapor de agua, la aplicación de calor en hornos, y las microondas.

La desinfección con productos químicos siempre lleva consigo el riesgo de efectos residuales de los mismos, que pueden crear fitotoxicidad; ante esto se puede optar por la esterilización de bandejas mediante altas temperaturas, que es un proceso efectivo y seguro, donde la fitotoxicidad es imposible.



Fig. (3.6.1.3). Equipo para la pasteurización de las bandejas por medio de calor.

### **3.6.1.2.2.- Equipos para el abastecimiento de bandejas.**

Las bandejas que se van a utilizar en el proceso de siembra, generalmente se encuentran almacenadas, estibadas o apiladas una sobre la otra con el fin de optimizar el espacio del almacén. No obstante,

en las distintas operaciones del proceso de siembra, las bandejas se deben suministrar una a una.

En estos equipos se distinguen mecanismos del tipo biela manivela y barras montadas sobre cadenas, que actúan sobre la bandeja colocada en la parte inferior del conjunto de bandejas apiladas, separándola de ellas (Fig. 3.6.1.4). También existen equipos de desapilado automático que en lugar de separar la bandeja que está en el fondo, realizan la separación y posterior suministro de la bandeja que se encuentra en la parte superior (Fig. 3.6.1.5).

En los alimentadores de bandejas, la velocidad del suministro de las mismas puede ser regulada, dependiendo de la tasa de flujo en la que son requeridas por los módulos a los que se están enviando las bandejas. Además, estos equipos cuentan con sistemas de conteo automáticos, para llevar a cabo el conteo de las bandejas que suministran.

Se distinguen también alimentadores de bandejas más simples a los que manualmente se les suministran bandejas separadas una a una, y un cilindro hidráulico, un carro de arrastre o una banda, las trasladan hasta el lugar donde serán llenadas con sustrato, punzonadas o sembradas.



Fig. (3.6.1.4). Máquina desapiladora de bandejas



Fig.(3.6.1.5). Máquina desapiladora de bandejas.

### **3.6.1.2.3.- Equipos para el llenado de recipientes con sustrato.**

En la actualidad están disponibles en el mercado muchos tipos de sistemas y equipos para el llenado de bandejas, bolsas y macetas con sustrato previamente mezclado y humedecido, en las que se depositarán las semillas para su germinación en la producción de plántulas, o para colocar plantas que desarrollarán ahí la fase productiva. En general (Fig. 3.6.1.6), constan de un depósito o tolva en la que se recibe el material ya sea en forma intermitente o continua; los dispositivos de dosificación, que por lo general son rodillos acanalados o bandas móviles, colocados en el fondo de la tolva; dispositivos de nivelación o razadores (Fig. 3.6.1.7), y; un sistema de alimentación al depósito, que puede ser manual (intermitente) o automático (continuo). Otros elementos que pueden estar incorporados son los dispositivos que realizan la tarea de retornar al depósito el sustrato eliminado en las operaciones de razado y nivelación; dispositivos de compactación y vibratorios para evitar huecos en las

cavidades a rellenar; equipos para el suministro automático de bandejas o macetas; y mecanismos de punzonado.

Los equipos de llenado bajo ciertos límites, se pueden adaptar a distintos tipos y tamaños de contenedores. Las tasas de dosificación son muy variables, en el rango de 10 a 30 bandejas o de 20 a 50 macetas por minuto empleando de 2 a 3 operadores.



Fig. (3.6.1.6). Equipo para el llenado de las bandejas.



Fig. (3.6.1.7). Dispositivo de razado y nivelación de una llenadora de bandejas.

#### **3.6.1.2.4.- Dispositivo para el punzonado dentro de las cavidades de la bandeja.**

De acuerdo a la forma en que se accionan, los sistemas de punzonado se pueden clasificar en tres categorías:

- a) De operación manual.**
- b) De operación mecánica.**
- c) De operación automática.**

Pero debido a los objetivos del trabajo nos basaremos a los sistemas de operación mecánica y automática.

### **Sistema de operación mecánica:**

Se trata de una placa similar a la descrita anteriormente, sólo que ahora esta placa está montada en un sistema con un brazo de palanca, que realiza un movimiento ascendente y descendente, donde el descenso es igual a la profundidad de la depresión que realizará en las cavidades de la bandeja. Esta profundidad está controlada por un resorte, de modo que cuando la placa se encuentra arriba, el resorte está sin comprimir con toda su longitud libre; en la fase de trabajo (descenso), con la palanca operada manualmente se comprime al resorte hasta alcanzar su longitud sólida, con lo que no será posible sobrepasar la profundidad preestablecida (la profundidad de siembra es la diferencia entre la longitud libre y la longitud sólida de un resorte de compresión). Además, este mecanismo cuenta con un conjunto de guías para que la placa de punzonado realice todos los hoyos a la misma profundidad y en el centro de todas las cavidades de la bandeja (Fig. 3.6.1.8), (3.6.1.8.1), (3.6.1.8.2), (3.6.1.8.3).



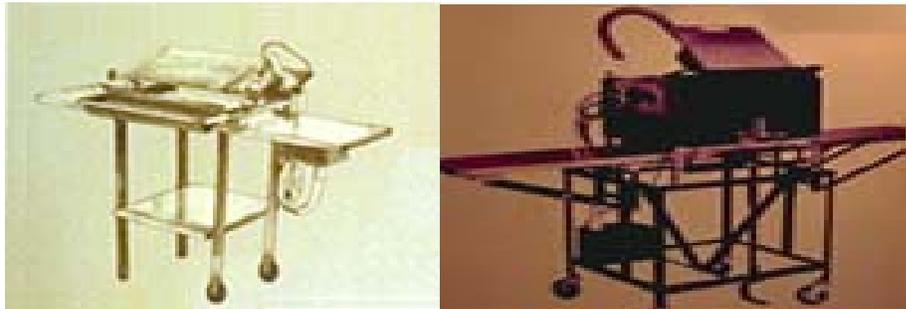
Fig. (3.6.1.8). Dispositivo de punzonado mecánico.

### **Sembradoras de bandejas manual neumática**



Fig.(3.6.1.8.1) Sembradora de bandeja manual neumática.

### **Sembradora de bandejas manual mecánica con vibración**



Figuras (3.6.1.8.2) y (3.6.1.8.3) sembradoras manual-mecanica.

### **Sistema de operación automática**

Los punzonadores automáticos generalmente se colocan en un mismo módulo con el equipo de siembra (Fig. 3.6.1.9). En este caso, la bandeja que avanza sobre una banda, de manera automática a través de sensores por contacto o por los llamados “ojos electrónicos” acciona sistemas mecánicos que mantienen a la bandeja en posición estática sobre la banda (deslizándose sobre la banda, que sigue avanzando), en una posición exactamente debajo de una placa con protuberancias del sistema de punzonado. Enseguida, en la carrera de descenso de la placa,

provocada por un cilindro neumático, las protuberancias de la placa realizan una pequeña depresión en el centro de cada cavidad, a una profundidad seleccionada, regulada por la carrera de descenso del cilindro neumático. Posteriormente, el cilindro neumático retira la placa en su carrera de ascenso, de modo que cuando alcanza la posición superior, un sensor de posición desconecta a los dispositivos que mantenían estática a la bandeja, liberándola para que la banda la transporte al mecanismo de siembra.



Fig. (3.6.1.9). Sistema de punzonado automático.

También es posible encontrar mecanismos de punzonado automático, que no actúan sobre toda las cavidades de la bandeja a la vez, sino por filas o por columnas. Así mismo, es factible encontrar mecanismos de punzonado automáticos, de tipo rotativo (Fig. 3.6.1.10), por lo general formando parte de una línea de siembra que utiliza sembradoras de tambor rotativo.



Fig. (3.6.1.10). Sistema de punzonado tipo tambor giratorio.

### 3.6.2.- Equipos para la aplicación de material para el cubrimiento de la semilla en la siembra de charolas.

En general, se distinguen dos tipos de dispositivos cubridores de semillas en las líneas de siembra: **de rodillo acanalado y de fondo móvil**.

**Dosificadores de rodillo acanalado:** Consisten de un depósito o tolva en la que reciben el material de cubrimiento de semillas. Un rodillo acanalado con accionamiento, ubicado en el fondo de la tolva, se encarga de extraer el material en forma regulada, cuya tasa de flujo depende de la longitud y diámetro del rodillo, el número de canales o estrías, la frecuencia de rotación de su eje de accionamiento y la apertura de la compuerta de salida (Fig. 3.6.1.11).



Fig. (3.6.1.11.) Cubridor de semilla.

**Dosificadores de fondo móvil:** En este caso, una tolva recibe y contiene al material de cubrimiento de la semilla. El fondo de la tolva lo constituye

una banda de goma, misma que se encarga de extraer el material en forma controlada, cuya tasa de flujo depende del ancho y velocidad de la banda, así como de la apertura de la compuerta de salida (Fig. 3.6.1.12).



Fig. (3.6.1.12). Cubridor se semilla tipo fondo móvil.

### **3.6.3.- Equipos para efectuar la humectación del sustrato para la germinación de la semilla.**

Una vez cubierta la semilla, una de las últimas operaciones en las líneas de siembra consiste en regar las bandejas con agua, aplicándola con aspersores que produzcan gotas muy pequeñas, a fin de no destapar las semillas (Fig. 3.6.1.13). Estos equipos cuentan con el sensor ya sea óptico o de contacto, de tal modo que cuando la bandeja se aproxima, cierra un circuito de contacto, el cual pone a funcionar automáticamente al sistema de aspersores; análogamente al término de la operación de riego, al salir la bandeja otro dispositivo similar se encarga de controlar el paro automático del aspersor.



Fig. (3.6.1.13). Sistema de riego por aspersión

#### **3.6.4.- Dispositivos para efectuar el apilado y acomodo de charolas para su traslado a una cámara de germinación.**

Al final de las líneas de siembra, es necesario realizar operaciones de identificación y registro de las distintas partidas u órdenes de siembra que se ejecutan diariamente. A veces se instalan sistemas que realizan un proceso contrario a los dispositivos desapiladores, ya que éstos realizan el trabajo de apilado de bandejas para formar estibas de bandejas ya sembradas, los cuales generalmente se pueden trasladar a la cámara de germinación en lotes pequeños de bandejas, utilizando carretillas (Fig.3.6.1.14) o pequeños carros remolcados por tractores también pequeños (Fig.3.6.1.15).



Fig. (3.6.1.14). Carretillas para el traslado de pequeños lotes de bandejas.



Fig. (3.6.1.15). carro remolque que puede ser jalado por un tractor pequeño para trasladar bandejas.

Cuando los volúmenes de producción lo justifican, por la cantidad de bandejas a manejar, tanto de la línea de siembra a la cámara de germinación, como de ésta a los invernaderos, se hace necesario la utilización de equipos más versátiles y de mayor capacidad, como son los patines hidráulicos (Fig.3.6.1.17) para el manejo de bandejas estibadas sobre tarimas (Fig. 3.6.1.16), hasta montacargas accionados y montados en el sistema hidráulico de tractores de uso agrícola (Fig.3.6.1.18) y montacargas autopropulsados (Fig. 3.6.1.19). (J. G. Gaytan, R. Serwatowsky, Garcia. C 2004).



Fig. (3.6.1.16). Bandejas estibadas, para su manejo con montacargas.



Fig. (3.6.1.17). Montacargas del tipo patín hidráulico.



Fig. (3.6.1.18). Montacargas de accionamiento por el sistema hidráulico del tractor.



Fig. (3.6.1.19). Montacargas autopulsado

#### IV.- CONCLUSIONES

Con este trabajo se pudo recopilar la información sobre los sistemas de producción en un sistema cerrado. De esta manera no tenía una sistematización de la misma, y ahora con este trabajo se le puede dar un uso docente o de referencia sobre el tema.

También se realizó el análisis de los diferentes tipos de materiales utilizados en la construcción de los invernaderos tanto en la estructura como en el aislamiento con el exterior; por ejemplo, tipo de material utilizado para los armazones u hormigones de los distintos tipos de invernaderos más comunes que existen, así como también las propiedades de los distintos plásticos utilizados en esta técnica de producción.

Se analizó información de los diferentes sistemas de control utilizados para controlar los factores climáticos como puede ser la temperatura, humedad, radiación, etc. Y se recopiló información sobre el área de mecanización y equipo utilizado dentro del invernadero.

#### V.- RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer un estudio respecto al impacto ambiental de los invernaderos, en la segregación de plásticos o desechos contaminantes., debido a que no existen estudios muy profundizados sobre este tema.

Así mismo se sugiere llevar acabo actividades de asesora técnica en zonas rurales sobre estos sistemas de producción que son los ambientes cerrados y controlados.

Se recomienda concienciar a los agricultores sobre otras alternativas de producción para que puedan producir de una manera mas eficiente, segura y obtengan a su vez productos de buena calidad y optimizando mas los insumos.

## BIBLIOGRAFÍA

**Muñoz, R. J. J., 2003. Producción de Plántulas en Semilleros Hortícolas Bajo Invernadero. Memoria del Curso Internacional de Producción de Hortalizas en Invernadero. INIFAP-Unidad de Horticultura Protegida, Celaya, Gto.**

**Gaytan.J.G., R. Serwatowsky, C. Garcia., 2004. Sistema de maquinas para el proceso tecnológico de producción de plántulas en invernaderos. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola.**

**(Arsflorae, 2005).**

**<http://www.planthogar.net/releases/00000134.htm>.**

**(D.L.Valera,F.D.Molina, A.Peña. 2003).**

**<http://www.eumedia.es/articulos/vr/otros/167invernaderos.html>.**

**(e-campo. 2005).**

**<http://www.e-campo.com/sections/news/display.php/uuid.136AC145-43BD-11D4 A53D0006292E2740/>.**

**(ESPOCH tipos de invernaderos 2005)**

**<http://www.espoch.edu.ec/servicios/invernaderos/tiposdeinvernaderos.html#Invernadero%20Tunel>.**

**(Guadalpalma.S.L.).**

**<http://www.perso.wanadoo.es/guadalpalma/contrcliminvernadero.htm>.**

**(Infoagro 2001).**

**[http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico2.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico2.asp)**

**(López Gálvez Salinas Andujar. 1999).**

**<http://www.gem.es/MATERIALES/DOCUMENT/DOCUMENT/g02/d02201/d02201.htm>.**

**(Marín González R.)**

**<http://www.odi.ucr.ac.cr/crisol/invernad.html>**

**(Mario Steta. 2004)**

**<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ForoIV/panel4/MarioSteta.pdf>.**

**(Ramos Fernández, Herrero Duran J.M, Rodríguez García.S.).**

**<http://www.ctlpredictivo.upv.es/documentos/congresos/2001/agro01.pdf>**

**(SIAPSagarpa.2005)**

**<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/invernmx.html#intr>.**

**(Tattersall. 2005).**

**<http://www.tattersall.cl/revista/Rev190/tomate.htm>**