

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

Molino Central .S.A

“Diseño de un sistema hidropónico a mediana escala”

Para optar por el título de Ingeniero en Diseño Industrial

Con el grado académico de Bachiller

Diana Quirós Zúñiga

Cartago Junio, 2011.

Tabla de contenido

Índice de figuras	5
Índice de tablas.....	7
I. Introducción.....	9
1.1 La empresa	9
1.2 La hidroponía y su relación con la salud pública.....	10
1.2.1 Enfermedades degenerativas.....	10
1.2.2 Contaminación por pesticidas.....	18
1.3 Hidroponía	22
1.3.1 Soporte del cultivo	23
1.3.2 Factores a controlar.....	26
1.3.3 Solución Nutritiva	30
1.3.4 Aspectos importantes para crear el cultivo hidropónico.....	34
1.3.5 Ventajas del empleo de la hidroponía.....	37
1.4 Mercado existente	40
1.5 Tecnología	42
1.5.1 Sistema de riego.....	42
1.5.1.1 Riego por goteo.....	42
1.5.1.2 Riego por aspersión.....	44
1.5.1.3 Raíz flotante.....	45
1.5.2 Sistema de control de temperatura.....	46
1.5.4 Sistema de ventilación	46
1.5.4.1 Ventilación natural	46
1.5.4.2 Ventilación mecánica.....	47
II. Desarrollo	47
2. Problema-proyecto.....	47
2.1 Problema	48
2.2 Justificación.....	49
2.3 Objetivos.....	51
2.3.1 Objetivo general.....	51
2.3.2 Objetivos Específicos.....	51

2.4 Alcances	53
2.5 Limitaciones	53
2.6 Metodología del diseño	53
3. ANÁLISIS SEGÚN LOS PRODUCTOS EXISTENTES.	55
3.1 Análisis Funcional	55
3.1.1 Sistemas de siembra	55
3.1.2 Sistemas de riego	58
3.1.3 Estructura (invernadero)	59
3.1.4 Relación con el usuario.....	62
3.1.5 Sistema estructural.....	64
3.2 Perceptual.....	64
3.2.1 Características de las estructuras.	64
3.2.2 Segmentación de las estructuras.	66
3.3 Análisis tecnológico.....	68
3.4 Conclusiones de los análisis efectuados.....	76
3.4.1 Análisis funcional	76
3.4.2 Análisis perceptual	77
3.4.3 Análisis tecnológico.....	77
4. Definición de los parámetros de diseño.....	83
4.1 Necesidades existentes.....	83
4.2 Diagrama de despliegue de calidad.	84
4.3 Selección del concepto	86
5. GENERACIÓN DE PROPUESTAS	89
5.1 Propuesta 1	91
5.2 Propuesta 2.....	92
5.3 Propuesta 3.....	93
5.4 Propuesta 4.....	94
5.5 Propuesta 5.....	95
5.6 Propuesta 6.....	96
5.6 Selección de propuestas.....	97
6. DELLATALADO DE LA PROPUESTA FINAL	98

6.1	Construcción.....	98
6.1.1	Ensamble de la estructura	98
6.1.2	Dimensiones de la estructura.....	99
6.1.3	Acomodo interno.....	100
6.1.3.1	Cultivos.....	100
6.1.3.2	Nutrientes	101
6.1.4	Materiales de la estructura.....	102
6.2	Riego.....	103
6.3	Cultivo.....	106
6.4	Ventilación.....	109
7.	Planos de la estructura.....	110
7.1	Estructura del invernadero	110
7.2	Estructura de cultivo	112
7.2.1	Bandeja.....	112
7.2.2	Soporte	113
7.2.3	Cobertores.....	114
8.	Ensamble de la estructura	115
8.1	Sistema de riego.....	115
8.2	Sistema de cultivo.....	117
8.2	Sistema de estructura.....	118
9.	Gradientes de mejora	119
10.	Aportes del proyecto	121
III.	Conclusiones y recomendaciones.....	122
IV.	Bibliografía	123

Índice de figuras

Figura 1. Localización del punto a cultivar.....	9
Figura 2 Relación del cáncer por cada 100 habitantes	11
Figura 3 Cronología de decisiones tomadas para implementar en la CCSS de 1998 al 2010.	13
Figura 4 Porcentajes de peso en la población.....	17
Figura 5 Países que más consumen agroquímicos y pesticidas a nivel mundial.....	18
Figura 6 Cultivo en medio líquido (NFT).....	23
Figura 7 Cultivo en medio líquido (Raíz flotante).....	24
Figura 8 Cultivo en sustrato sólido.....	24
Figura 9 Cultivo en aeroponía	25
Figura 10 Factores que afectan a las plantas	26
Figura 11. Siembras verticales.....	35
Figura 12 Siembras por canales.....	35
Figura 13 Siembra en bolsas de sustrato	36
Figura 14 Siembra en bolsas cerradas.....	36
Figura 15 Hortalizas consumidas en los hogares costarricenses. Datos. PIMA-CENADA 2010.....	41
Figura 16 Riego por goteo	42
Figura 17 Riego por medio de aspersores.....	44
Figura 18 Sistema de raíz flotante.....	45
Figura 19 Empleo de nebulizadores	46
Figura 20 Diagrama de la ventilación natural	46
Figura 21 diagrama de la ventilación dinámica o mecánica	47
Figura 22 Árbol de problemas	49
Figura 23 Árbol de objetivos Globales	51
Figura 24 Metodología de diseño.....	54
Figura 25 Cultivo en mangas Verticales	55
Figura 26 Cultivo en camas	56
Figura 27 Cultivo mediante raíz flotante.....	57
Figura 28 Diagrama de riego por goteo	58
Figura 29 Diagrama de riego por aspersión	58
Figura 30 Invernadero traslucido	59
Figura 31 Invernadero con techo opaco	59
Figura 32 Invernadero con techo abierto.....	60
Figura 33 Invernadero sin paredes.....	60
Figura 34 Zonas de contacto durante la siembra y el trasplante	62
Figura 35 Zonas de contacto en la recolección del cultivo	62
Figura 36 Rangos de movimiento a considerar para plantear la estructura.....	63
Figura 37 Sistemas presentes en la estructura	64
Figura 38 Segmentación perceptual de las estructuras de cultivo	67
Figura 39 Invernadero A.....	68
Figura 40 Invernadero B.....	68

Figura 41 Invernadero C.....	68
Figura 42 Invernadero D.....	68
Figura 43 Bandejas individuales.....	69
Figura 44 Sistema de siembra en camas.....	69
Figura 45 Sistema común para NTF.....	69
Figura 46 Bolsas NGS de tres capas.....	69
Figura 47 Fotos del sitio donde se planea la colocación del sistema.....	78
Figura 48 Cultivos iniciales para el sistema.....	82
Figura 49 Diagrama de despliegue de calidad (QFD).	85
Figura 50 Diagrama del concepto	88
Figura 51 Estructura de aguas con respecto al terreno	89
Figura 52 Posibilidad de acomodo según geometría.	89
Figura 53 Modularidad del crecimiento de la estructura.....	90
Figura 54 Anclaje de la estructura unitaria al suelo.	98
Figura 55 Ensamblaje de la estructura perimetral.....	99
Figura 56 A. dimensiones de las estructuras superiores, B. dimensiones de estructuras laterales .	99
Figura 57 Distribución de cultivos en el interior	100
Figura 58 Proceso de siembra de los cultivos	101
Figura 59 Manejo de los nutrientes	101
Figura 60 Estructura de invernadero con Sarán.....	102
Figura 61 Tubos galvanizados a emplear	103
Figura 62 Colocación de los aspersores para el riego	106
Figura 63 Geometría de cama a emplear.....	106
Figura 64 Dimensiones de las camas.....	106
Figura 65 Cobertor de las camas.....	107
Figura 66 Ensamble de la bandeja y el cobertor	107
Figura 67 Movimiento de la solución al interior de la bandeja.....	107
Figura 68 Diagrama de uso del cobertor.....	108
Figura 69 Efectos de la sombra dada por la estructura sobre las plantas en el interior.....	109
Figura 70 Vistas del codo que une el invernadero	110
Figura 71 Vista lateral del invernadero	110
Figura 72 Vista Superior del invernadero.....	111
Figura 73 vista superior de la bandeja de cultivo.....	112
Figura 74 Vista lateral de la bandeja de cultivo	112
Figura 75 Vistas de la estructura de patas para la bandeja	113
Figura 76 Vista superior del cobertor (agujeros varían según el cultivo)	114
Figura 77 Vista lateral del cobertor.....	114
Figura 78 Vista del aspersor	115
Figura 79 Alimentación del suministro de agua.....	116
Figura 80 Estructura de soporte de los tanques	116
Figura 81 Vista de la conexión del filtro y el dosificador.	117
Figura 82 Ensamble en los codos	118

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de los beneficios y características de las frutas y legumbres descrita el “El verdadero régimen anti cáncer”	16
Tabla 2 Extracto de los resultados de la verificación de los niveles de plaguicidas en frutas y hortalizas	19
Tabla 3 Distancia de siembra en legumbres más comunes.	27
Tabla 4 Valores Deseables de cada elemento en la Solución Nutritiva.[ppm]	31
Tabla 5 Consecuencias de las deficiencias o excesos en los nutrientes	32
Tabla 6 Comparación por procesos entre el cultivo en tierra y el hidropónico	38
Tabla 7 Análisis de involucrados	52
Tabla 8 Comparación de las estructuras de invernadero	61
Tabla 9 Descripción cualitativa de los productos existentes	65
Tabla 10 Descripción general de los materiales empleados.	70
Tabla 11 Dispositivos de automatización de factores.....	73
Tabla 12 Listado de necesidades y su peso relativo.	83
Tabla 13 Relación de requisitos con necesidades y su grado de importancia.....	84
Tabla 14 Variantes analizadas para el sistema de riego.....	86
Tabla 15 Posibilidades analizadas para el sistema de ventilación.....	86
Tabla 16 Variantes existentes para el sistema de cultivo.	86
Tabla 17 Posibilidades estudiadas para el sistema estructural.	87
Tabla 18 Evaluación de las variaciones de propuesta.....	97
Tabla 19 Selección de la distribución adecuada de las camas.	98
Tabla 20 Sistema de riego	104
Tabla 21 Listado de piezas de la estructura externa	111
Tabla 22 Partes de la bandeja de hidroponía.....	113
Tabla 23 Descripción del cobertor	114
Tabla 24 Despiece de los sistemas	115

Resumen

El siguiente documento tiene como fin presentar el trabajo realizado para la creación e implementación de un sistema hidropónico a mediana escala para la empresa Molino Central S.A., la cual se dedica a la venta de comida. El objetivo primordial es el empleo del método de hidroponía para brindar cultivos de buena calidad y mejores condiciones de manejo a la empresa; debido a la situación actual de la salud de la población y la relación que tiene ésta con el mal manejo de los cultivos y de las sustancias tóxicas que se les aplican. Se analizan los sistemas empleados hasta el momento en la implementación de este tipo de sistemas, así como los componentes y empresas disponibles en el país que cuentan con la tecnología para generar un aporte positivo al proyecto. Debido a que el terreno para la implementación del sistema se encuentra en Limón los factores ambientales, y la falta de documentación sobre siembra de hortalizas en ese sector propicia el carácter innovador que pueda tener la estructura. El resultado es un invernadero, que crece de forma modular y con la capacidad de albergar diversos cultivos de hortalizas en su interior.

Palabras clave: hidroponía, cultivo hidropónico, hortalizas, invernadero modular

Abstract

The following document was made for explain the creation and implementation of a hydroponic system for the restaurant Molino Central S.A. The first objective of the project is to use the hydroponic method for reach best quality and quantity in the different crops for the company; because of the actual situation of public health and it relationship with the bad customs in the crops maintenance and the quantity of toxic substances on them. The different systems used actually for this kind of crop were analyzed, as well as the different components, materials and industries that work with possible solutions in the country. Caused the place of the project will be implemented; there was only a few information about possible problems and solution in the zone of Limón, that improve the innovator character of the possible structure. The solution is a modular greenhouse with the capacity to accommodate various vegetable crops inside.

Key words: hydroponic crop, vegetable crop, modular greenhouse

I. Introducción

1.1 La empresa

El Molino Central S.A. es una empresa familiar dedicada a la producción y venta de productos a base de maíz y comida tradicional. El local se encuentra en la zona de San Isidro de Coronado. Dicho restaurante es uno de los más visitados en la zona. Por lo que el consumo de diversas hortalizas es muy elevado.

Actualmente se están generando gastos cercanos al medio millón en productos de origen agrícola (verduras y hortalizas) con el inconveniente de la variable calidad que se presenta en los productos y en la variación de los costos por las



Figura 1. Localización del punto a cultivar.

temporadas de cosecha y el traslado de los productos, motivos por los que se ha planteado la iniciativa de producir sus propias legumbres. Los propietarios cuentan con terrenos localizados en la zona de Matina en Limón.

Por las condiciones de los terrenos y las dificultades típicas de la zona, se está contemplando la posibilidad de emplear métodos de cultivo no

tradicionales.

El clima de la zona y la falta de experiencias en el cultivo de hortalizas en este sector han sido puntualizadas por los ingenieros del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), debido a que la mayoría de los invernaderos e iniciativas con

el empleo de la hidroponía en encuentran focalizados en la zona central del país (San José, Cartago y Heredia) lo cual aumenta el carácter de novedoso que puede tener el proyecto a desarrollar y limita la información de referencia con la que se dispone para el planteamiento de algunos detalles de la ejecución del mismo.

1.2 La hidroponía y su relación con la salud pública

Los últimos años la salud pública se ha visto afectada tanto por los cambios negativos en la forma de vida como por los productos que se nos ofrecen en el mercado de forma cotidiana. El empleo de químicos y sustancias artificiales ha deteriorado la calidad de las cosechas y aumentando las enfermedades crónicas en la población.

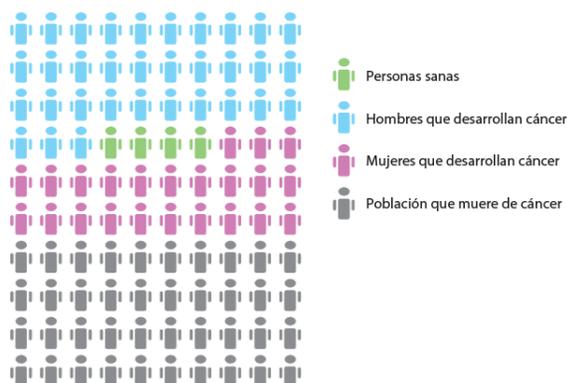
Los Cultivos hidropónicos cuentan con la ventaja de generar cosechas más saludables, por ser libres de agroquímicos. Para el control de plagas se cuentan con soluciones fabricadas a base de productos naturales, que cuentan con las propiedades adecuadas para eliminar o ahuyentar las plagas y enfermedades presentes en los cultivos.

1.2.1 Enfermedades degenerativas

Décadas atrás se han realizado diversos estudios, para concientizar a la población sobre el cuidado de los alimentos que se consumen, debido a los altos índices de incidencia de enfermedades degenerativas como el cáncer, según la Revista Costarricense de Salud Pública, nuestro país no escapa de dicha realidad:

“El cáncer es en la actualidad la segunda causa de muerte en Costa Rica y la mayor amenaza para la salud de los costarricenses. Actualmente mueren 8 personas por día en el país, por algún tipo de cáncer y durante los próximos 10

años, se calcula que el aumento de la incidencia de esta enfermedad, producirá casi 11 mil casos nuevos por año.



El riesgo de que un hombre desarrolle alguna forma de cáncer es del 33% y en el caso de las mujeres de 23%. La tasa acumulada es del 40% para los varones y de 27% para mujeres. Como resultado de esto, se sabe que una de cada cuatro personas morirá de cáncer.

Figura 2 Relación del cáncer por cada 100 habitantes

De acuerdo a datos suministrados por el Registro Nacional de Tumores, del Departamento de Información del Ministerio de Salud, en la población masculina en 1997 murieron 393 hombres de cáncer de estómago y en 1998 se registraron 381 muertes.

El cáncer de próstata le cobró la vida a 199 varones en 1997 y 240 en 1998. En un tercer lugar se coloca el de Tráquea, Bronquios y Pulmón con 151 defunciones en el 97 y 141 en el 98.

La población femenina también se vio afectada por el de estómago, costándoles la vida a 188 féminas en el 97 y 227 en el 98. En una segunda posición se encuentra el cáncer de mama con 159 muertes en el 97 y 176 en 1998, el tercer lugar lo ocupa el cáncer de cuello de útero con 147 defunciones

La provincia de limón fue la que más muertes presentó por cáncer de cuello de útero en 1998, con un 12.33%, seguida de Guanacaste con 10.53%, en tercer lugar Puntarenas con 9.8%, Alajuela registró 8.27%, San José 6.42%, Cartago 6.32% y por último la provincia de Heredia con 5.32%. (Junio, 2000)" (Salud, 2011)

Del informe realizado por la Contraloría General de la República en Enero del 2011, sobre la evaluación del Plan de acción para la implementación del Proyecto de Fortalecimiento de la Red Oncológica, "pese a la inversión de

\$149.089.100,00, no establece las metas e indicadores que permitan medir las mejoras concretas en la atención que se brinda a los pacientes, ni para el control de la enfermedad, al menos, en la reducción de listas de espera o tiempos de respuesta desde el primer hasta el tercer nivel de atención, ampliación de la cobertura de la población en riesgo, aumento en la detección temprana, incremento de la sobrevivencia y la disminución o control de la incidencia y la mortalidad.

No se ha establecido un mecanismo que permita monitorear y garantizar, para cada persona adscrita en riesgo de padecer cáncer,

En Costa Rica, las enfermedades crónicas no transmisibles causaron el 67% del total de muertes en el período 2000-2007. Dentro de este grupo de defunciones, las de mayor participación relativa son las causadas por enfermedades cardiovasculares y el cáncer, con un 78%³.

Actualmente, el cáncer es la segunda causa de muerte en el país, después de las enfermedades cardiovasculares, provocando más del 22% del total de defunciones. Cada año son diagnosticados alrededor de 10 mil nuevos casos, con un incremento porcentual en sus tasas de un 50% durante los últimos 10 años.

A lo largo de la última década, el incesante aumento de los casos de cáncer y la notoria saturación de los servicios públicos para atención a pacientes con casos graves y de atención prioritaria, se ha puesto entre las prioridades para el trabajo que realiza la CCSS. Sin embargo en algunas ocasiones las intenciones no han pasado de simples proyectos o discusión de normativas, que nunca llegan a entrar en vigencia o la hora de implementarlas resultan no ser suficientes para la cobertura que se requiere dar a todo el país.

Eventos realizados temporalmente:

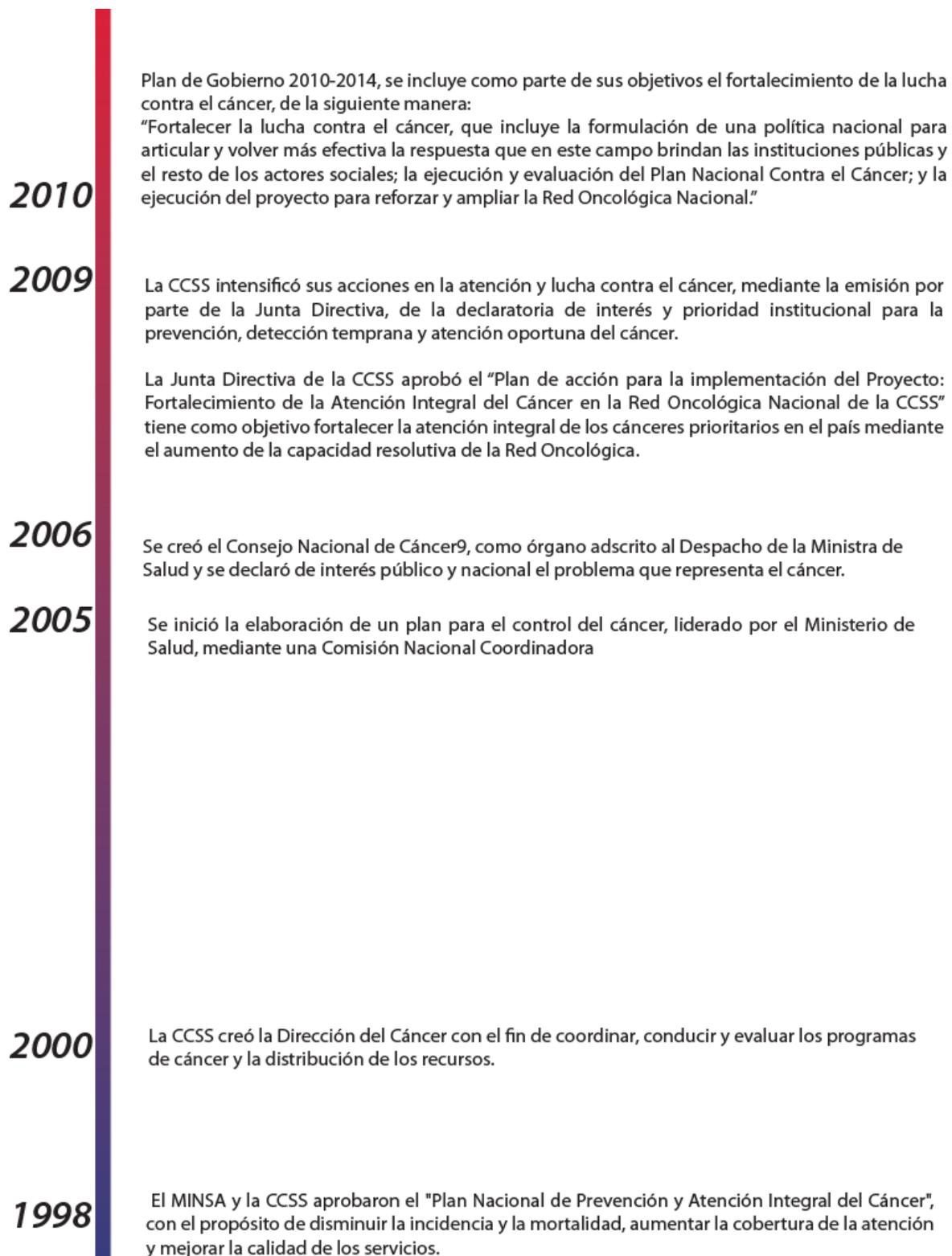


Figura 3 Cronología de decisiones tomadas para implementar en la CCSS de 1998 al 2010.

En una reunión celebrada el **17 de enero de 2011**, en el Aula No. 1 del Centro de Capacitación de esta Contraloría General, donde se llega a las siguientes conclusiones:

- ♣ En Costa Rica existe un Plan Nacional para el Control del Cáncer 2007-2016 publicado en el año 2007 por el Ministerio de Salud y elaborado por una Comisión integrada por el Ministerio de Salud, el Instituto Costarricense Contra el Cáncer, la Caja Costarricense de Seguro Social, la Universidad de Costa Rica y la Organización Panamericana de la Salud. Este Plan es integral, cuenta con recursos y con responsables para su ejecución.
- ♣ El grado de implementación del PNCC es aún incipiente. Es de destacar que el programa de cribado de cáncer de cérvix alcanza aproximadamente a un 30% de la población objetivo, mientras que el programa de cribado del cáncer de mama no ha comenzado a realizarse. Sobre este último, está por definirse el tipo de tecnología (mamógrafos convencionales o digitales), su ubicación, la estrategia de lectura de mamografías, los procedimientos de control de calidad y la estrategia de capacitación de recursos humanos que participen en el programa.”
- ♣ Los entes encargados del desarrollo y la planificación están poniendo en riesgo el futuro del proyecto debido al poco apoyo político y a la falta de preocupación real por parte de los encargados. La vinculación económica ha sido ínfima o nula, debido a la falta de un presupuesto que permita tener acceso a fondos tanto públicos como internacionales para el soporte de la red de funcionamiento, según lo recalca la OMS.
- ♣ Este plan de inversión se financia con tres fuentes de recursos: los recursos provenientes del ICCC (Ley 8718), de la Ley 8584 para la construcción y equipamiento de la Clínica Nacional del Dolor y Cuidado Paliativo y la contrapartida que aporta la CCSS de sus propios recursos. De los recursos provenientes del ICCC para el fortalecimiento de la red

oncológica, en el Estado de Origen y Aplicación de Recursos al 31 de diciembre de 2010, se han ejecutado ¢1.802,1 millones de ¢38.616,6 millones transferidos a la CCSS, o sea 4,66%.

- ♣ No se han realizado capacitaciones sobre el tratamiento del personal, no se cuenta con los equipos requeridos, ni los procesos adecuados para prevención y diagnóstico. Muchos gerentes de centros de salud recalcan la problemática de la falta de personal adecuado para el funcionamiento adecuado del sistema planeado.
- ♣ De la revisión de 443 expedientes clínicos de pacientes atendidos en las diferentes áreas de salud de la zona metropolitana y otras fuera de ella, se determinó que no se consignaron todos los registros originados de la atención brindada al paciente por parte del personal de salud.” (CGR, 2011)

Tomando mayor importancia a los factores que generan la contaminación en el cuerpo causante del desarrollo del cáncer en la población, dado el aumento tan significativo en los casos y la poca atención que se les brinda en nuestro país. Según el Dr. David Khayat, en su publicación titulada “El verdadero régimen anti cáncer” nos ilustra los efectos beneficiosos que tienen sobre nuestro organismo las diferentes frutas y legumbres, por su coloración. Así como la importancia de reducir o eliminar los químicos empleados en los cultivos, por la absorción de muchas de estas sustancias por parte de la planta, lo que anula el poder curativo que tiene la comida sobre el organismo. Convirtiéndolas en fuentes tóxicas y contribuyentes del deterioro progresivo en la salud de la población.

En general el consumo de frutas y legumbres debe constituir parte de una sana alimentación. Dichos productos son ricos en fibra, fructuosa y diversos componentes químicos importante para el cuerpo. Además ayudan a proteger el estómago y a brindar sensación de saciedad por lo que disminuyen la cantidad de alimento que debemos ingerir en cada comida.

Tabla 1 Descripción de los beneficios y características de las frutas y legumbres descritas en el “El verdadero régimen anti cáncer”.

Color	Ejemplos	Partes del cuerpo beneficiadas	Características
Verde	Col, coliflor, nabos, berros	Boca, esófago, colon, vejiga, recto, páncreas, estómago y pulmones	Anti oxidantes elevado ácido fólico, reaccionan favorablemente si se consumen junto con la carne
Naranja	Mango, zanahoria, camote, calabaza, durazno, melocotón	Próstata, útero, boca, pulmón, esófago	Ayudan al sistema inmune
Amarillo – naranja	Naranjas, mandarinas, papaya, nectarina, piña, limón	Piel (reducción de los efectos de los radicales libres)	Tienen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, ayudan a acelerar el metabolismo, reducen los efectos nocivos del tabaco.
Rojo	Pomelo (especie de toronja), tomate, fresas, frambuesas, cerezas, remolacha, cebolla morada, col lombarda	Próstata, boca, esófago, estomago y pulmones.	Generan vitamina A
Azul	Ciruelas, pasas, berenjena	Piel, colon.	Bloquean los radicales libres, ayudan a la regeneración epidérmica

Verde – amarillo	Alverjas, brócoli, lechuga, espinacas, melón, mostaza, kiwi	Piel, páncreas, sangre.	Ayudan al control del crecimiento celular
Blanco o crema	Soja, ajo, cebolla	Mamas, recto, próstata, estómago, colon.	Bloquea las células cancerígenas, eliminando los tumores, tienen propiedades antioxidantes y antivirales

Información obtenida del libro Le vrai regime anticancer. (Khayat, 2010)

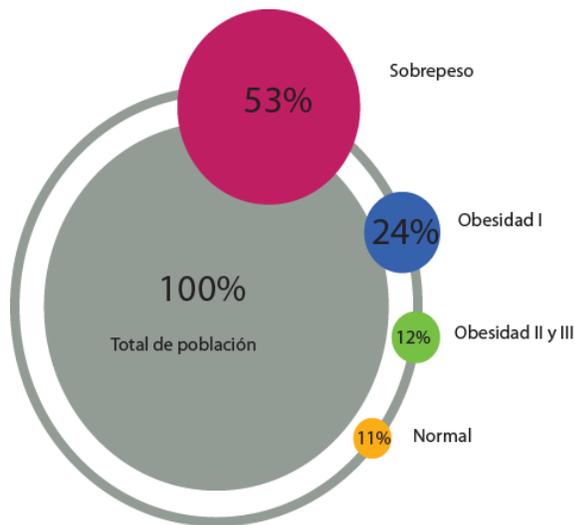


Figura 4 Porcentajes de peso en la población

A nivel mundial la población se encuentra volviéndose cada vez más obesa, no sólo por la comida que ingiere si no por la forma de vida sedentaria que se ha vuelto tan común. La tecnología además de facilitar la vida, nos automatiza tanto las tareas cotidianas que nos exigen la mínima cantidad de movimiento. Motivo por el que nuestro cuerpo comienza a acumular grasas, pues no cuenta con mecanismos para poder quemarlas.

Este problema nos lleva a problemas del corazón, triglicéridos y colesterolos altos, casos de cáncer así como a formas de vida cada vez más limitadas; pues entre más peso se tiene de menor cantidad de energía se dispone, dificultando la realización de todo tipo de tareas.

1.2.2 Contaminación por pesticidas

En un estudio realizado en enero del presente año, los resultados indicaron que la cantidad de plaguicidas importados ha aumentado en 340% en 30 años. En total el país importó más de 184 817 toneladas de ingrediente activo de plaguicidas entre 1977 al 2006. Todo esto fue a parar a los campos donde se cultiva nuestra comida.

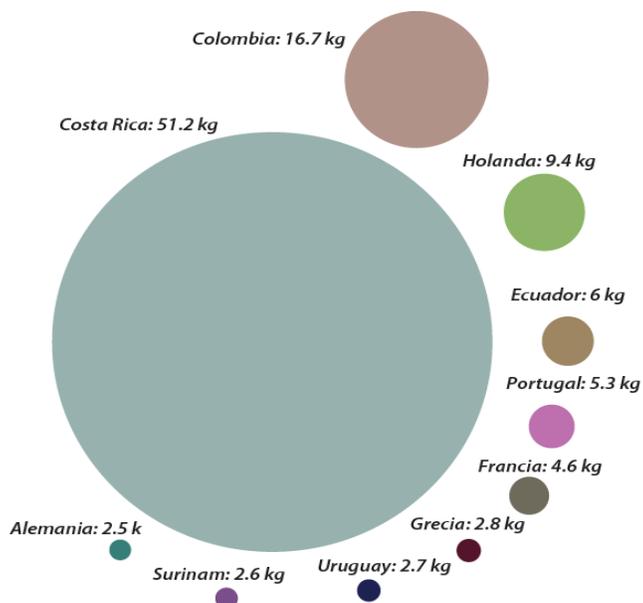
Según el informe Estado de la Nación, en el 2009, Costa Rica importó más de 300 toneladas de formulaciones con bromuro de metilo - una sustancia regulada por el Protocolo de Montreal que contribuye a la destrucción de la capa de ozono de la tierra. También importó dos sustancias altamente tóxicas reguladas por el convenio de Rotterdam.

El cultivo con mayor uso de plaguicidas es el melón, seguido por plantas ornamentales, tomate, papa, piña y caña de azúcar.

El cultivo de piña sigue encabezando la lista de denuncias ambientales del país. En respuesta, el MAG publicó un manual de buenas prácticas de acatamiento obligatorio para los productores de piña "un caso único", precisa Estado de la Nación.

Campeón del mundo

Figura 5 Países que más consumen agroquímicos y pesticidas a nivel mundial



En Francia en 2007, un estudio realizado encontró que un 7,2% de las legumbres y un 8,5% de las frutas contienen una concentración de agroquímicos superior a la permitida por los entes controladores de la salud. Por lo que el problema de los químicos en los cultivos no se resume únicamente a Costa Rica.

Tabla 2 Extracto de los resultados de la verificación de los niveles de plaguicidas en frutas y hortalizas

Alimento	Número de muestras analizadas	Porcentaje de muestras con residuos mayores a los permitidos	Porcentaje de muestras sin residuos
APIO	11	27	45
FRESA	112	13	30
BERENJENA	30	10	73
MANZANA	107	7	50
NARANJA	103	5	15
ZANAHORIA	127	2	68
PAPA	295	1	18
PERA	108	1	44
CALABACIN	79	1	86
KIWI	30	0	83

Información obtenida del libro *Le vrai regime anticancer*. (Khayat, 2010)

Tanto por la contaminación como por los elevados rangos de absorción de los químicos por parte de los alimentos, es que se recomienda a la población en consumo de productos de origen orgánico y el lavado consiente de los productos que se adquieren en el mercado.

El uso intensivo, extensivo e irracional de los plaguicidas conlleva consecuencias negativas sobre el ambiente debidas a la utilización de sobredosis, las aplicaciones innecesarias, la aplicación en condiciones climáticas inadecuadas, las aplicaciones domésticas y organismos acuáticos, el desecho inadecuado de envases y sobrantes de plaguicidas, el lavado de equipo de aplicación en ríos u otras áreas no apropiadas, lo cual ocasiona la contaminación directa o indirecta de los diferentes componentes ambientales con efectos a corto y largo plazo.

Los daños ambientales más evidentes son los efectos agudos en la fauna, que ocurren inmediatamente después del contacto con un plaguicida, y que pueden consistir en mortalidad masiva de organismos o intoxicación severa, como por ejemplo, la presencia de abejas muertas en un campo recién fumigado o la mortalidad de peces o camarones en un río después de que se lavó allí equipo de aplicación. Los efectos a largo plazo ocurren Los efectos a largo plazo pueden determinar, incluso, la supervivencia de una especie. Tienen mucha relación con la contaminación de aguas, suelos y alimentos con plaguicidas y con la persistencia de estos en el ambiente.

Los plaguicidas, en general, han causado una ruptura del equilibrio ambiental, lo que ha propiciado la destrucción de los mecanismos de combate natural de las plagas y la aparición de nuevas plagas.

Deben mencionarse también los efectos de los plaguicidas a nivel agrícola, tales como el fenómeno de resistencia de plagas, fitotoxicidad en los cultivos y esterilización de suelos.

1.2.2.1 Controles sin químicos

Los químicos empleados en los diversos cultivos se quedan en el producto que se entrega a los consumidores. Es por esto que se han desarrollado "recetas" para crear pesticidas naturales, son mezclas de elementos que ayudan a controlar eliminar los problemas que puedan surgir con plagas y enfermedades en las plantaciones. Los más comunes son los atomizadores con

extractos de ajo, tabaco, chile picante, orégano o eucalipto, los cuales es recomendable aplicar de forma alterna.

En la sección de agricultura orgánica del INA, en el año 2003 se desarrollaron una serie de pesticidas. El más conocido es el que contiene 2 litros de melaza diluida en un litro de agua como base. Se toman 3 litros de esta sustancia y se le añade ½ k de clavo de olor, otros 3 litros con 20 cabezas de ajo y los últimos tres litros con 20 chiles picantes. La mezcla se agita cada 2 días, y a los 15 días se filtra y se mezcla todo (en total los 9 litros), se atomiza el cultivo. Para cultivo tradicional se requiere 15-20ml de mezcla por litro de agua, y para hidroponía 3-5ml por litro de agua.

Contra los ácaros se puede hervir un kilogramo de ajeno en 3 litros de agua durante 5 min, se deja enfriar y se filtra, se le coloca 100ml por litro de agua para atomizarlo al cultivo y se le puede añadir 5 ml de la mezcla con ajo, clavo y picante.

Por su parte contra los hongos, se pueden hervir en 4 litros de agua ½ k de manzanilla, ½ k menta y ½ k de cola de caballo durante 5 minutos, se dejan enfriar y se atomizan usando 50 ml por litro de agua. (Guzmán, 2004)

1.2.2.2 Controles biológicos

Otra forma muy común de control de plagas y hongos es por control biológico. Este método consiste en colocar y propiciar la permanencia de enemigos naturales de las plagas en los cultivos para mantener al mínimo los daños en los cultivos sin requerir el empleo de productos químicos. Pueden usarse tanto para control de hongos (empleo de hongos antagónicos como el trichoderma) como para el control de insectos (hongos entomopatógenos como el metarrizum).

También se emplean las cintas de color amarillo o blanco que atraen a los insectos, e impregnadas de Zapicol con aguarrás funcionan como una efectiva trampa. (Conocidas como trampas como trópicas)

Existen diversas especies de insectos que se encargan de controlar las poblaciones de insectos, hongos perjudiciales para el cultivo. Sin embargo se debe ser cuidadoso a la hora de insertar una nueva especie dentro del ecosistema donde se desarrolla el cultivo, esto debido a que se han tenido casos a lo largo de los años, de especies que fueron introducidas para controlar una plaga, y con el paso del tiempo se convierten en una plaga nueva que debe ser eliminada o controlada.

1.3 Hidroponía

La hidroponía es un sistema de cultivo no tradicional de origen milenario, pues se data desde los jardines colgantes en babilonia, donde se cree esta metodología de cultivo se empleaba para desarrollar grandes áreas verdes o de planta en una zona donde el terreno y las condiciones climáticas se consideran totalmente desfavorables para la agricultura. En otros países de Asia también se desarrollaron muchos de estos métodos de cultivo, que en algunos casos fueron relegados por la industrialización de los procesos.

Sin embargo se ha vuelto a dar importancia a la hidroponía, debido a diversos cambios culturales, el deterioro de la salud en la población, la inexistencia de terrenos con las condiciones adecuadas para la agricultura y la contaminación ambiental que han comenzado a tener una elevada importancia estratégica para diversas entidades, y se ha demostrado los elevados riesgos para la salud presentes en las técnicas empleadas comúnmente en la agricultura comercial y el abuso por parte de los agricultores en el empleo de productos tóxicos para buscar un aumento del aprovechamiento en la cosecha cultivada.

1.3.1 Soporte del cultivo



Figura 6 Cultivo en medio líquido (NFT)

La Hidroponía es la Técnica de *cultivar sin tierra*. Hay tres formas de trabajarla:

1. En medio líquido: Las raíces están sumergidas en solución nutritiva, en la cual se regulan constantemente su PH, aireación y concentración de sales. Una variante es la recirculación constante de la solución nutritiva en contacto con la parte baja de la raíz. Existen dos técnicas la llamada NFT (Nutrient Film Technique).

Traducido, lo describiríamos como la "*Técnica de la película Nutriente*" o "*Técnica de Cultivo con Flujo laminar de Nutriente*". Esta técnica fue desarrollada en la década de los años sesenta por el Doctor Allan Cooper, en Inglaterra. El NFT se basa en la circulación continua o intermitente de una fina lámina de solución nutritiva a través de las raíces del cultivo, sin que éstas por tanto se encuentren inmersas en sustrato alguno, sino que simplemente quedan sostenidas por un canal de cultivo, en cuyo interior fluye la solución hacia cotas más bajas por gravedad.

El agua se encuentra muy fácilmente disponible para el cultivo, lo que representa una de las mayores ventajas del sistema, al ser mínimo el gasto de energía que debe realizar la planta en la absorción, pudiendo aprovechar ésta en otros procesos metabólicos. La renovación continua de la solución nutritiva en el entorno de la raíz permite un suministro adecuado de nutrientes minerales y oxígeno, siempre, claro está, que se realice un correcto manejo del sistema.



Figura 7 Cultivo en medio líquido (Raíz flotante)

Y la otra técnica es la de Raíz Flotante.

En este sistema las plantas se colocan en láminas de estereofón o poliestireno, de 1" de grosor, las cuales se ponen a flotar en contenedores o tanques, en donde se encuentra la solución nutritiva, por ser este un material muy liviano flota en el agua dejando sumergidas solamente las raíces. En este sistema el largo y ancho de los tanques no es muy importante y se presta para el cultivo de de hortalizas cuyo destino es producir hojas. Como es el caso de la Lechuga, la Espinaca. La Albahaca, el Apio y los Berros, entre otros. Las láminas son perforadas, a la distancia adecuada del cultivo. Para que las plántulas no se hundan, en el hueco de la lámina, se les puede colocar una pequeña tira de espuma de poliuretano alrededor del cuello o una pequeña prensa hecha de alambre galvanizado la cual se retira cuando estas empiezan a desarrollar.

Este sistema por ser una solución pasiva necesita que haya una oxigenación constante, ya sea mecánica, por medio de bombas de aireación o hasta manualmente formando turbulencia, en contenedores pequeños, por lo menos dos veces al día

2. En sustrato sólido inerte: Se parece en muchos aspectos al cultivo



Figura 8 Cultivo en sustrato sólido

convencional sólo que en lugar de tierra se emplea algún material denominado "sustrato", el cual no contiene nutrientes y se utiliza como un medio de sostén para las plantas, permitiendo que estas tengan suficiente humedad, y también la expansión del bulbo, tubérculo o raíz.

Se llama sustrato a cualquier material inerte, química y biológicamente, en el cual puedan desarrollarse las raíces. El cultivo en sustrato difiere de los sistemas de producción en agua o en solución nutritiva, en que las raíces se desarrollan sobre un medio sólido, que sirve simplemente para el anclaje de las raíces.

Un sustrato es todo material sólido que pueda remplazar la función que hace el suelo, al sostener a la planta y sus raíces. Por ser la técnica de hidroponía una nutrición balanceada en el agua, el sustrato debe ser un material que no debe aportar ningún mineral.

En la siembra en sustrato se reduce el espacio que normalmente tendría una planta, sembrada en el suelo, para desarrollar su sistema radicular, por lo tanto en la selección de un sustrato debemos buscar:

- ♣ Sustratos de gran porosidad que puedan almacenar importantes cantidades de agua, conservando al mismo tiempo una aireación suficiente de las raíces.
- ♣ Sustratos que drenen fácilmente y que evacuen fácilmente el exceso de agua.



Figura 9 Cultivo en aeroponía

3. Aeroponía: Las raíces se encuentran suspendidas al aire, dentro de un medio oscuro y son regadas por medio de nebulizadores, controlados por temporizadores. La raíz toma del aire todos los nutrientes que necesita para desarrollarse. Con este método se han desarrollado cultivos de papa y otros tubérculos, ya que elimina la necesidad de desenterrar los productos.

1.3.2 Factores a controlar

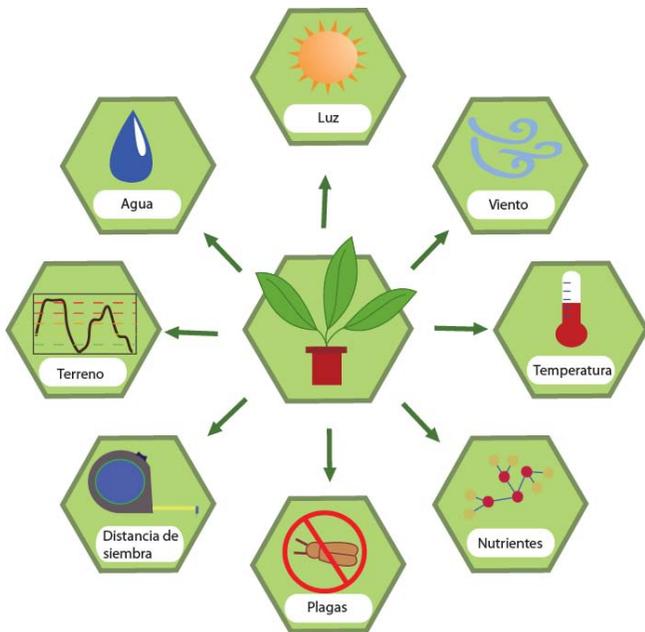


Figura 10 Factores que afectan a las plantas

Para el adecuado desarrollo y crecimiento de cualquier plantación, sin importar el método que se emplee, se deben tomar en cuenta los factores que permiten la sobrevivencia de las plantas y su generación de alimentos.

- **Luz:** se requieren al menos 6 horas diarias de luz solar para el adecuado desarrollo del cultivo. La cantidad de luz puede variar según el producto que se esté cultivando.

- **Aire:** Una adecuada circulación de aire, permite controlar la humedad general del ambiente y la brinda carbono y oxígeno a las plantas. Así como a evitar y controlar los hongos que puedan atacar las plantas.

- **Agua:** El agua presenta la sustancia vital para alimentar la planta, en cultivos tradicionales, el agua brinda a la planta hidrógeno y oxígeno; sin embargo en hidroponía el agua es el medio en el que se suministran los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo de las plantas. Por lo que la irrigación adecuada es fundamental en el éxito del cultivo.

- **Temperatura:** la mayoría de los cultivos toleran las temperaturas entre los 15 °C y los 35 °C, sin embargo la adaptación a otros rangos de temperatura depende del caso particular de cada cultivo.

- **Sustrato:** Los diversos nutrientes que la planta requiere son tomados del suelo en el que se encuentra, o de la solución nutritiva que se le proporcione a los cultivos. La presencia de los nutrientes es vital para el desarrollo total de la planta. Sus excesos o deficiencias en las soluciones o terrenos tienen efectos en los cultivos, tal y como se detalla en la siguiente sección. El sustrato es el medio que se selecciona para que la planta se desarrolle en lugar del suelo. Existen muchos elementos empleados como sustrato, los más comunes son la piedra volcánica, piedra pómez, carbón, fibra de coco, piedra quintilla y granza de arroz. En algunos casos el costo de adquisición y la cantidad requerida determina el tipo de sustrato a emplear.

- **Terreno:** La altitud y el clima del terreno son muy importantes para el adecuado desarrollo de los cultivos. Si las condiciones no son favorables los cultivos no se darán de la mejor forma posible, afectando directamente la calidad y cantidad de las cosechas.

-**Distancia de cultivo:** Cada cultivo tiene su propia distancia de siembra, esto es el espacio que se debe dejar entre las semillas a la hora de sembrarlas para que las plantas se puedan desarrollar correctamente.

Tabla 3 Distancia de siembra en legumbres más comunes.

Producto	Distancia entre filas	Distancia entre plantas
Lechuga	50 cm	30 cm
Apio	40 cm	20 cm
Perejil	20 cm	1 – 10 cm
Rábano	50 cm	10 cm
Tomate	100 cm	45 cm
Zanahoria	15 cm	10 cm
Culantro	30 cm	12 cm

-Plagas: Una plaga es cualquier organismo que afecte económicamente los cultivos o que dañe la salud humana o la de los animales. Pueden alcanzar la categoría de plaga, los insectos, las hierbas, los hongos, los nematodos, los ácaros, las aves, las bacterias y los virus, entre otros. No todo organismo presente en un cultivo es una plaga; por el contrario, existen muchos que son benéficos al hombre, en forma directa o indirecta, como las abejas que producen miel y cera o como los enemigos naturales de las plagas que ejercen un combate natural de ellas.

Los elementos dañinos afectan el crecimiento, la cantidad y la calidad de la producción. Las más comunes son:

- ♣ Arañitas o ácaros (son criaturas de 8 patas con tamaños entre 0,1 y 0,6 mm, aparecen generalmente en época seca. Se alimentan de savia, lo que causa deshidratación, decoloración y deformaciones en las zonas afectadas), babosas (son frecuentes en épocas frías y lluviosas sobretodo en las hortalizas, hay de color café claro y miden entre 5 y 7cm, otras son negras y pequeñas, entre los 2 y 3 cm. Estas criaturas se alimentan de follaje dañando las hojas gravemente, son de hábitos nocturnos y el cebo con cerveza funciona como una trampa muy efectiva).
- ♣ Salta hojas o lorito verde (su tamaño oscila entre los 3 y 15 mm, son de patas largas y antenas cortas. Se alimentan de savia, distorsionan el crecimiento de hojas nuevas además de transmitir enfermedades virales y bacteriales), chiches (poseen dos rangos de tamaño entre 7 y 9 mm o bien entre 10 y 13 mm, retrasan el crecimiento de la planta pues se alimentan de savia, pueden generar pudrición focalizada).
- ♣ Gusanos o larvas (se ocultan en el envés de las hojas y se alimentan de los bordes de las mismas, son muy comunes en todos los cultivos), mosca blanca (son criaturas de 1 o 2 mm de largo, acostumbran esconderse en el envés de las hojas, se alimentan de savia y tienen una

alta transmisión de virus por lo que con pocas moscas un cultivo puede ser gravemente dañado).

- ♣ Pulgones o áfidos (son de cuerpo blando, globoso y pequeño, usualmente son verdes aunque algunas especies tienden a café y negro. Viven en grupos y son más comunes en épocas secas se ubican en brotes nuevos y hojas tiernas, consumen la savia de la planta y secretan sustancias que atraen hormigas), vaquitas (miden entre 5 y 7 mm, son de colores vivos y variados. Cuando son lavas atacan las raíces y en estado adulto atacan follaje, vainas y flores generando graves daños y pueden transmitir enfermedades).

- ♣ **Enfermedades:** para que se desarrolle una enfermedad en un cultivo se deben cumplir tres condiciones: patógenos + planta hospedera + ambiente favorable, si cualquiera de las tres se encuentra ausente la enfermedad no se desarrollará. Las enfermedades se dan por bacterias (como erwinia y pseudomonas que generan pudrición y marchitez), por hongos (como lo son rhizoctonia, fusarium y phytium presentes en los sustratos, cercospora y septoria presentes en los follajes y phythophthora en las solánceas) y por último se encuentran los virus que son dispersos por las plagas que atacan los cultivos. Es por esto que la ventilación adecuada, la buena nutrición, desinfectar los sustratos, podar, deshojar, deshijar y sembrar semilla sana son prácticas saludables a la hora de tener un cultivo.

- ♣ **Limpieza del sustrato:** para que no se desarrollen hongos a bacterias que puedan venir contaminando el sustrato, es importante desinfectarlo bien primero. Para este proceso se usa cloro o kilol. Los pasos a seguir son los siguientes:
 - Lavar con agua en un estañón o recipiente toda la mezcla que se vaya a emplear como sustrato en el cultivo.

- Se coloca el sustrato en las camas donde se va a cultivar y se obstruyen los drenajes de la estructura.
- Se satura con agua todas las camas, calculando los litros de agua que se están necesitando.
- Según la cantidad de litros de colocan 2-5ml de cloro o 2 ml de kilol por cada litro de agua en la estructura. Se mezcla el desinfectante con el agua.
- Se deja reposar durante 12 horas como mínimo.
- En caso de emplear cloro, se lava con abundante agua y se esperan 48 horas antes de sembrar. Con el kilol no hay que lavar y se puede sembrar directamente.

1.3.3 Solución Nutritiva

A diferencia de los animales que requieren de compuestos orgánicos elaborados para su alimentación, las plantas fabrican su alimento; esto lo desarrollan en las hojas, gracias a la luz y a las materias primas (minerales) que obtienen del suelo, las diversas sustancias deben suministradas en las cantidades adecuadas para el óptimo desarrollo del cultivo.

Si la raíz de la planta no se encuentra en un medio (solución nutritiva) con el pH adecuado, no absorberá los nutrientes aún cuando éstos existan en el medio de cultivo. El rango de pH en el cual se favorece el crecimiento de la mayoría de los cultivos está entre 6 y 6.5, sin embargo, algunas especies se desarrollan en medios con lecturas de pH desde 4 a 5.5 (como la zarzamora) y desde 6.5 hasta 7.5 (por ejemplo, la alfalfa). Este será el punto final en el diseño de la solución nutriente. Es conveniente revisar el pH adecuado para el cultivo.

Para que puedan realizar esta función, estas sustancias deben estar presentes en el agua de riego:

Principalmente, NITRÓGENO, FÓSFORO, POTASIO, CALCIO, AZUFRE Y MAGNESIO (Macro elementos, pues son los más consumidos por las plantas), y en menor medida, Manganeso, Boro, Hierro, Cobre, Molibdeno, Cloro y Zinc. (Micro elementos)

Tabla 4 Valores Deseables de cada elemento en la Solución Nutritiva.[ppm]

ELEMENTO	LÍMITES	ÓPTIMO
Nitrógeno	150-1000	250
Calcio	100-500	200
Magnesio	50-100	75
Fósforo	50-100	80
Potasio	100-400	300
Azufre	200-1000	400
Cobre	0.1-0.5	0.5
Boro	0.5-5	1
Hierro	2-10	5
Manganeso	0.5-5	2
Molibdeno	0.01-0.05	0.02
Zinc	0.5-1	0.5

Nota: Una parte por millón (ppm) equivale a un miligramo disuelto en un litro de agua.

Una vez preparada la solución, debe ajustarse el pH; el pH es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. Tiene una escala del cero al 14, tendiendo al 14 una sustancia alcalina (como la sosa), y hacia el cero una sustancia ácida.

Tabla 5 Consecuencias de las deficiencias o excesos en los nutrientes

Nutriente	Deficiencia	Exceso
Nitrógeno (N)	Las hojas viejas están amarillas y el fruto es pequeño.	Planta tiene un color verde oscuro con abundante follaje pero un crecimiento pequeño de la raíz con caída de las flores y baja producción de fruto.
Fósforo (P)	El crecimiento es lento y la fruta tarda en madurar, color morado por debajo de las hojas más jóvenes.	No hay ningún síntoma pero se presentan deficiencias de cobre (Cu) y zinc (Zn) cuando hay un exceso de fósforo.
Potasio (K)	Hojas viejas amarillentas con puntos muertos, maduración del fruto disperejo.	No se adsorbe en la planta cuando hay exceso de este elemento pero los niveles altos genera deficiencia de Mg, Mn, Zn y Fe.
Sulfuro (S)	La deficiencia de S es muy rara pero presenta Amarillamiento de venas en hojas jóvenes y tallos púrpuras.	Las venas internas se ponen amarillas o las hojas se queman.
Magnesio (Mg)	Amarillamiento interno de las hojas viejas.	No hay síntomas visuales.
Calcio (Ca)	Fruta podrida, Amarillamiento de los márgenes de las plantas jóvenes. La parte baja genera tonos púrpuras, hojas curvas, la punta podrida o muerta.	No hay síntomas visuales.

Hierro (Fe)	Amarillamiento interna de las venas en hojas jóvenes, Amarillamiento de los márgenes de las hojas extendiéndose a centro de las hojas. Abortos de flores. Cuando el pH es alto genera deficiencia de Fe.	No es problema.
Cloro (Cl)	Hojas marchitas con Amarillamiento color bronce. Crecimiento de raíz detenido.	Punta de las hojas quemadas o amarillentas, caída de hojas y crecimiento detenido.
Manganes o (Mn)	Amarillamiento interno de hojas viejas, hojas de verde pálido con hojas muertas, pocas flores y frutos.	Amarillamiento y crecimiento detenido.
Boro (B)	Puntos muertos, Amarillamiento inter venal de hojas superiores, hojas frágiles, esta deficiencia genera deficiencia de calcio.	Amarillamiento de la punta de la hoja generando que tomen tonos cafés.
Zinc (Zn)	Puntos cafés, hojas pequeñas y algunas veces largas y angostas	Comúnmente acompañado con deficiencia de Fe presenta Amarillamiento.
Cobre (Cu)	Hojas jóvenes verdes oscuras y con formas extrañas, enroscadas en tubos, pocas o ninguna flor.	Crecimiento reducido con síntomas de deficiencia de Fe.
Molibdeno (Mo)	Amarillamiento de la venas en hojas viejas y márgenes de las hojas curvadas hacia arriba.	Las hojas toman un color amarillo dorado.

Cuando se detecta una deficiencia se debe de cambiar la concentración de la solución de nutrientes. Del elemento que se detectó deficiencia aumentar un 25% a un 30% la concentración. Después de que el error se corrigió se debe de reducir esta concentración a la más adecuada.

En nuestro país en proyectos desarrollados con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) han sido satisfactorios los resultados empleando la fórmula general de la mezcla de nutrientes desarrollada en el INA. La cual es la siguiente:

- ♣ Solución mayor A: (diluido en 10 litros de agua) sulfato de magnesio 1040gr, nitrato de potasio 1000 gr, fosfato mono potásico 360gr.
- ♣ Solución mayor B: (diluido en 10 litros de agua) nitrato de calcio 1368 gr.
- ♣ Solución menor: (diluido en 5 litros de agua) fertilón combi #1 60gr, ácido bórico 3 gr.

Se colocan 5 ml de cada solución mayor y 2,5 ml de la solución menor por cada litro de agua. Para mantener bien nutrido el cultivo se debe brindar un galón por cada metro cuadrado de plantación todos los días durante 6 días, al 7mo día se riegan 2 galones de agua sin nutrientes por metro cuadrado. El proceso se repite durante todo el período de plantación y cultivo hasta la cosecha. (Datos obtenidos de la entrevista con el Ing. Álvaro Chávez, MAG)

1.3.4 Aspectos importantes para crear el cultivo hidropónico

- ♣ Considerar la temporada de cultivo de cada producto
- ♣ Espacio disponible para realizar el cultivo
- ♣ Cuales productos se van a cultivar
- ♣ Es compatible entre sí lo que se busca cultivar, (velocidades de crecimiento, longitud de raíces, dan fruto o no, se hacen sombra unas a las otras por las diferentes alturas, son de la misma temporada.)
- ♣ Elegir a grandes rasgos el sistema de riego: Por goteo o por Inundación. A partir de aquí las variantes.
- ♣ Pensar en el suministro de agua, debe ser constante.

- ♣ Comprobar si tenemos suficientes horas de sol. En caso que no sea posible, se necesita un aporte extra con luz artificial.
- ♣ Pensar si necesitarán se tutoradas o no. Esto implica soportes extras alrededor de los tubos o conductos para poder atar las cañas o palos.
- ♣ Según el sistema de riego elegido debes de pensar el recorrido que haría una gota de agua.
- ♣ El drenaje de los conductos por donde estarán las plantas. La inclinación, si es necesaria para poder drenar los conductos.
- ♣ La capacidad del contenedor de agua.

Importante poder montar todo el sistema sin pegar nada y en lo máximo sin taladrar. Así se podría rectificar sin muchos problemas.

1.3.4.1 Tipos de cultivo

Según las condiciones en las que se pueda desarrollar el cultivo existen varias formas de organización de las plantas.



Figura 11. Siembras verticales

1. En mangas verticales: Permite el cultivo de muchas plantas en espacios pequeños. Tiene la desventaja de que no permite una repartición uniforme del agua, los nutrientes los consumen primero las plantas de arriba y las de abajo les llega una solución de menor calidad, las plantas tienden a hundirse en las bolsas cuando el sustrato se compacta y el riego es más complicado.



Figura 12 Siembras por canales

2. En canales horizontales: *Es el mejor sistema que se ha usado*, permite el riego uniforme, permite que las plantas crezcan en el sentido natural que es hacia arriba, permite exponer de forma uniforme a sol y a los

nutrientes. La desventaja es que requiere más espacio para su implementación, al ser las camas construidas sobre el suelo.



Figura 13 Siembra en bolsas de sustrato

3. Bolsas o Macetas: En este sistema se usan bolsas o macetas de plástico, hechas con material tratado contra el efecto de los rayos solares, para así evitar la degradación del material plástico y darle una larga vida útil. El sustrato a usar debe tener como característica principal que no se compacte, ya que algunos sustratos al estar contenidos en un pequeño espacio tienden a compactarse por el peso de la planta y por la presión atmosférica, además, el arrastre de partículas finas hacia los estratos que ocupa el aire y que la planta necesita para oxigenar las raíces inferiores.



Figura 14 Siembra en bolsas cerradas

4. Bolsas cerradas o sacos: Este sistema es muy usado para la siembra de tomate, chile y pepino, al igual que las bolsas los materiales deben contar con un tratamiento para protección de los rayos solares. En este sistema se usan sustratos porosos, que permitan una buena aireación de las raíces, ya que la única área por donde el aire ingresa es por los huecos que se hacen para sembrar la planta.

1.3.5 Ventajas del empleo de la hidroponía

- ♣ No depende de las estaciones de forma estricta debido a que se puede hacer en invernaderos.
- ♣ No depende de la calidad de los suelos del área geográfica en cuestión.
- ♣ Se puede controlar la calidad de los nutrientes de forma más objetiva. Permite el control de plagas, parásitos, bacterias, hongos y virus.
- ♣ Permite la disminución del uso de agentes tóxicos.
- ♣ No usa maquinarias pesadas.
- ♣ Puede ser altamente automatizada.
- ♣ Puede protegerse de los efectos del clima.
- ♣ Puede calcularse el retorno económico con un margen de error menor que en cultivo tradicional.
- ♣ Las frutas y vegetales tienden a crecer de forma regular (todos con el mismo promedio de tamaño) sin que haya parches de tierra de mejor o peor calidad porque no dependen de la tierra sino de las soluciones y del sustrato.
- ♣ Permite la implementación de cultivos en zonas urbanas y sub-urbanas (incluso en patios o terrazas) en forma de huertos familiares, al no requerir grandes extensiones de tierra.

Tabla 6 Comparación por procesos entre el cultivo en tierra y el hidropónico

Cultivo en Tierra	Cultivo Hidropónico
Número de Plantas	
Limitado por la nutrición que puede proporcionar el suelo y la disponibilidad de la luz.	Limitado por la iluminación; así es posible una mayor densidad de plantas iguales, lo que resulta en mayor cosecha por unidad de superficie.
Preparación del Suelo	
Barbecho, rastreo, surcado.	No existe preparación del suelo.
Control de Malas Hierbas	
Gasto en el uso de herbicidas y labores culturales.	No existen y por lo tanto no hay gastos al respecto.
Enfermedades y Parásitos del Suelo	
Gran número de enfermedades del suelo por nematodos, insectos y otros organismos que podrían dañar la cosecha. Es necesaria la rotación de cultivos para evitar daños.	Existen en menor cantidad las enfermedades pues prácticamente no hay insectos u otros animales en el medio de cultivo. Tampoco hay enfermedades en las raíces. No se precisa la rotación de cultivos.
Agua	
Las plantas se ven sujetas a menudo a trastornos debidos a una pobre relación agua-suelo, a la estructura del mismo y a una capacidad de retención baja. Las aguas salinas no pueden ser utilizadas, y el uso del agua es poco eficiente tanto por la percolación como	No existe stress hídrico; se puede automatizar en forma muy eficiente mediante un detector de humedad y control automático de riego. Se puede emplear agua con un contenido relativamente alto de sales, y el apropiado empleo del agua reduce las pérdidas por

por una alta evaporación en la superficie del suelo.	evaporación y se evita la percolación.
Fertilizantes	
Se aplican a boleo sobre el suelo, utilizando grandes cantidades, sin ser uniforme su distribución y presentando además considerables pérdidas por lavado, la cual alcanza en ocasiones desde un 50 a un 80%.	Se utilizan pequeñas cantidades, y al estar distribuidos uniformemente (disueltos), permiten una absorción más homogénea por las raíces; además existe poca pérdida por lavado.
Nutrición	
Muy variable; pueden aparecer deficiencias localizadas. A veces los nutrientes no son utilizados por las plantas debido a una mala estructura del terreno o a un pH inadecuado.	Hay un control completo y estable de nutrientes para todas las plantas, fácilmente disponible en las cantidades precisas. Además hay un buen control de pH, con facilidad para realizar muestras y ajustes.
Desbalance de Nutrientes	
Una deficiencia o el efecto tóxico de los elementos pueden durar meses o años.	Este problema se soluciona en unos cuantos días.
Calidad del Fruto	
A menudo existe deficiencia de Calcio y Potasio, lo que da lugar a una escasa conservación.	El fruto es firme, con una capacidad de conservación que permite a los agricultores cosechar la fruta madura y enviarla, a zonas distantes. Algunos ensayos han mostrado un mayor contenido de vitamina A en los jitomates cultivados bajo técnicas hidropónicas, respecto a los cultivados en tierra.
Esterilización del Medio	
Vapor, fumigantes químicos, trabajo	Vapor, fumigantes químicos con algunos de

intensivo, proceso largo al menos dos o tres semanas.	los sistemas. Con otros se emplea simplemente Ácido Clorhídrico o Hipoclorito Cálcico. El tiempo para la esterilización es corto (24-48 h)
Costo de Producción	
Uso de mano de obra, fertilizantes, fungicidas, insecticidas, preparación del suelo, etc.	Todas las labores pueden automatizarse, con la consiguiente reducción de gastos. No se usan además implementos agrícolas. En resumen: ahorro de tiempo y dinero en estos aspectos. Además se eliminan los gastos en químicos.
Sustratos	
Tierra.	Posibilidad de emplear diversos sustratos de reducido costo, así como materiales de desecho.
Mano de Obra	
Necesariamente se debe contar con conocimientos, o asesoría.	No se necesita a pequeña escala, mano de obra calificada.

1.4 Mercado existente

El mercado de los productos de consumo agrícola en nuestro país, es considerado como un mercado de competencia perfecta debido a que se caracteriza por que hay un gran número de productores y un gran número de consumidores. Los productos no cuentan con diferenciación de mercado (marcas o empaques especiales) a diferencia de los vendidos en supermercados donde se les coloca un empaque propio de la empresa que lo está ofreciendo al público. La única variación de los productos que genera

cambios en los precios es la calidad del producto, los precios cambian por el funcionamiento básico de la oferta y la demanda.

La hidroponía tiene entonces una gran ventaja competitiva a nivel de mercado, los productos son superiores en tamaño y aspecto en relación con sus competidores de cultivo tradicional, lo cual genera una posibilidad de colocación en el mercado mejorando su valor de comercialización.

A dichos factores se suma la nueva "tendencia ambiental", fomentada por los cambios climáticos y la concientización de los daños ocasionados en la salud por los productos químicos y artificiales. El incremento (mencionado con anterioridad) de los casos de cáncer y la búsqueda de formas de vida más sanas han generado un impulso importante en el desarrollo y comercialización de productos libres de agroquímicos y cultivados con la menor intervención de sustancias químicas.

En Costa Rica el consumo de hortalizas subió, al pasar de 80 kilos por persona al año a 100 kilos entre el 2004 y el 2010, reveló un estudio de tendencias de consumo. (Estudio a cargo del PIMA-CENADA)

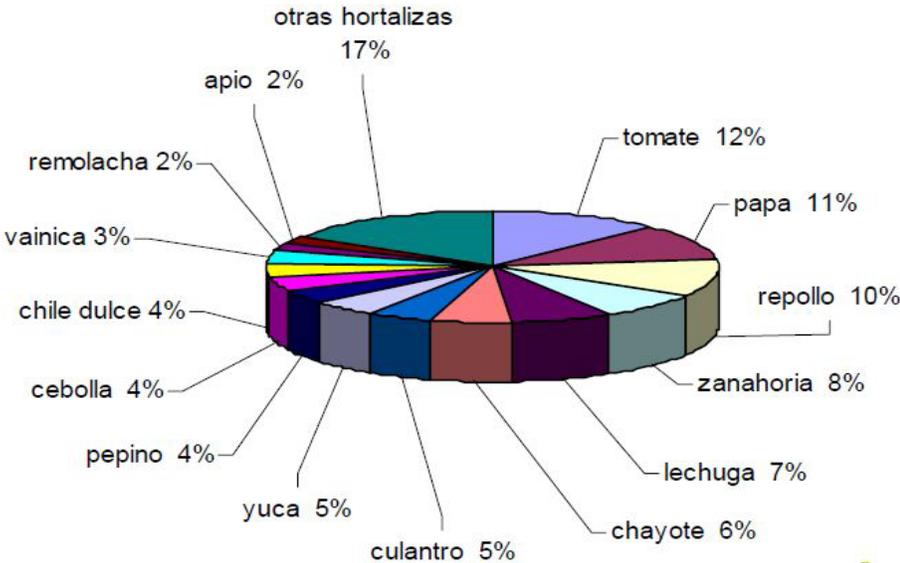


Figura 15 Hortalizas consumidas en los hogares costarricenses.

Datos. PIMA-CENADA 2010.

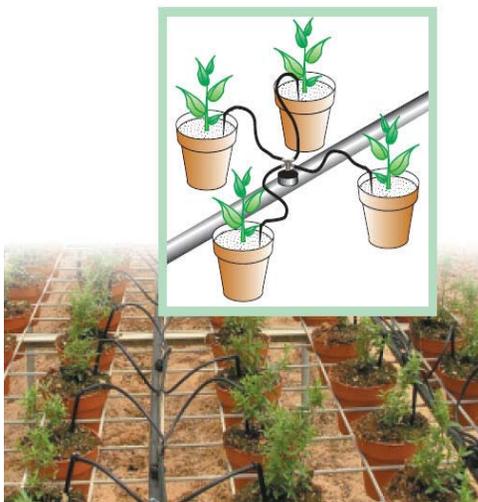
1.5 Tecnología

En Costa Rica, se encuentra tomando un poco de auge, la conciencia “verde” por lo que empresas como Hydro Plant ®, tienen una capacidad de diversificación de mercado, que en otros sectores no se ha podido desarrollar. En el país se cuenta, con la implementación de sistemas de riego, y controles de humedad para monitorear el estado de los cultivos. Además se cuenta con la implementación de sistemas de invernadero, para el desarrollo de cultivos tanto tradicionales como hidropónicos.

1.5.1 Sistema de riego

Existen varias formas de regar el cultivo, siendo las más comunes para hidroponía el riego por goteo y la raíz flotante. Ambas con sus características y sus propiedades resultan útiles dependiendo del tamaño del cultivo.

Se requiere se sistemas de control de flujo y de cantidad de fluido suministrado, generalmente la mezcla nutritiva es previamente preparada de forma manual por el encargado.



1.5.1.1 Riego por goteo

El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de « riego gota a gota», es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos.

Figura 16 Riego por goteo

El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros). Esta técnica es la innovación más importante en agricultura desde la invención de los aspersores en los años 1930.

Ventajas:

- ♣ Una importante reducción de la evaporación del suelo, lo que trae una reducción significativa de las necesidades de agua.
- ♣ La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- ♣ Una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuertes pendientes.
- ♣ Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas
- ♣ Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo. (fertirriego)
- ♣ Evita que se dispersen gotas con posibles patógenos en el aire.

Inconvenientes:

- ♣ El coste elevado de la instalación. Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado (electro-válvulas). Sin embargo, el aumento relativo de coste con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.
- ♣ El alto riesgo de obturación de los emisores, y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el principal problema en riego por goteo. Por ello en este sistema de riego es muy importante el sistema de filtración implantado, que dependerá de las características del agua utilizada.

1.5.1.2 Riego por aspersión



Figura 17 Riego por medio de aspersores

En este sistema de riego, el agua llega a las plantas en forma de lluvia, gracias a bombas y tuberías que impulsan el agua, los aspersores pueden ser fijos o rotatorios, según las necesidades del cultivo.

Ventajas:

- ♣ El consumo de agua es menor que el requerido para el riego por surcos o por inundación.
- ♣ Puede ser utilizado con facilidad en terrenos con pendientes;
- ♣ Se puede dosificar el agua con una buena precisión
- ♣ No afecta el material vegetal sometido a riego, ya que se elimina la presión que el agua puede ofrecer a las plantas; y como es homogénea su distribución sobre el material vegetal, el riego de la vegetación por aspersión es total y se distribuye suavemente el agua sobre toda el área deseada.

Inconvenientes:

- ♣ El consumo de agua es mayor que el requerido por el riego por goteo; siendo este muy importante en cada caso de riego
- ♣ Se necesita determinar bien la distancia entre aspersores, para tener un coeficiente de uniformidad superior al 80%.

1.5.1.3 Raíz flotante



El método de raíz flotante consiste en la colocación de las plantas en un recipiente, sin sustratos, donde se encuentra un flujo de agua en su interior con los nutrientes requeridos por las plantas para su desarrollo. También es empleado en el método de NFT. (Cultivo en tubos)

Figura 18 Sistema de raíz flotante

Ventajas:

- ♣ Se evitan los hongos o patógenos en los sustratos mal desinfectados.
- ♣ No hay contacto con ninguna otra sustancia o contaminante.
- ♣ Las plantas absorben los nutrientes requeridos.

Desventajas:

- ♣ Excesivo gasto de agua.
- ♣ Se requiere de un sistema de oxigenación del agua constante.
- ♣ Control de nutrientes debe ser más estricto.
- ♣ Nivel de agua debe ser altamente controlado, así como su flujo. Las aguas residuales deben ser tratadas y purificadas, si no son reutilizadas en el sistema.

1.5.2 Sistema de control de temperatura



Figura 19 Empleo de nebulizadores

Para el control de temperatura generalmente se recurre al empleo de nebulizadores, los cuales generan una especie de neblina en el área del cultivo, y las partículas de agua recolectan el calor del ambiente y permiten bajar la temperatura. En zonas muy húmedas como lo es el atlántico de nuestro país, este sistema no es recomendable debido a que propicia la aparición de hongos en los cultivos.

En el proyecto que se tiene registro en la zona de guápiles, las personas encargadas, lo manejan con ventilación natural, la estructura no tiene paredes, y el techo es plástico y se encuentra a 3 metros de altura del suelo. Con el inconveniente de que el control de los insectos en los cultivos se complica a tener una estructura totalmente abierta.

1.5.4 Sistema de ventilación

Básicamente se emplean dos tipos La ventilación natural y la ventilación mecánica; sin embargo en algunas estructuras se emplea un mecanismo mixto de ambas.

1.5.4.1 Ventilación natural

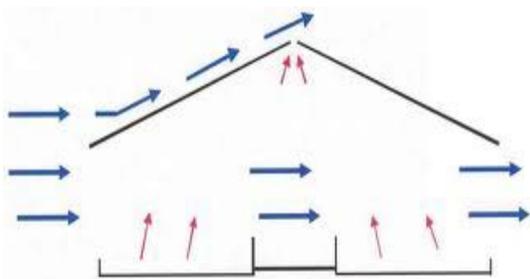


Figura 20 Diagrama de la ventilación natural

En la ventilación natural, el desplazamiento del aire del interior se produce mediante el cambio de densidad y temperatura en el interior de la estructura, el paso del aire fresco y la salida del aire cálido del interior es posible gracias a la presencia de rejillas u orificios colocados a diversas alturas.

1.5.4.2 Ventilación mecánica

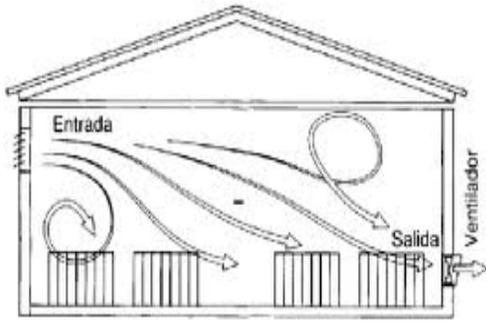


Figura 21 diagrama de la ventilación dinámica o mecánica

La ventilación dinámica, se da gracias al funcionamiento de mecanismos que se encargan de introducir extraer aire de las estructuras. Presentan el pequeño inconveniente del mantenimiento, así como el consumo eléctrico.

Son muy usados en lugares de clima extremo, tanto para ventilación como para calefacción.

II. Desarrollo

2. Problema-proyecto

A nivel de empresa, El Molino, cuenta con grandes y constantes requerimientos de diversos productos de cultivo. Las temporadas de cosechas, el mal clima y los costos propios del mercado, hace que a compra a terceros que se realiza esté generándoles una gran inversión.

Los productos no cuentan con una calidad estandarizada, por lo que en algunas ocasiones algunos de los insumos adquiridos deben ser desechados en encontrarse en mal estado.

Por otra parte, a nivel cultural, en los últimos años se ha generado una tendencia hacia los cultivos "orgánicos", motivados por los resultados de diversos estudios donde se muestran los efectos de los químicos en la salud de la población (mencionado en la sección anterior a mayor profundidad), los elevados costos de muchos productos, el cambio climático, la iniciativa de

sembrar la propia comida y aprovechamiento de espacios disponibles para cultivos.

Muchos tipos de cultivo no tradicional han tomado auge, el principal de ellos la hidroponía. Esto debido entre muchos factores a que no se requieren grandes espacios ni profundos conocimientos en agricultura. Se pueden fabricar camas para siembra en casi cualquier lugar y el mantenimiento que requieren las plantas es mínimo.

Sumado a las ventajas de costo y espacio, al ser un sistema de cultivo alternativo, el uso que se le brinda a las sustancias químicas o tóxicas es nulo o muy limitado.

2.1 Problema

Falta de un sistema de cultivo que pueda ser empleado en la zona de Limón, para generar hortalizas propiamente en la zona y que sean de buena calidad.

Por lo que surge el interés en una propuesta de implementación de un sistema de cultivo hidropónico con control de nutrientes automatizado, que permita generar beneficios en la salud de los consumidores y proporcione las cantidades requeridas por El Molino para su gasto interno, mediante el adecuado empleo del proceso de cultivo hidropónico.

Esto con el fin de disminuir los costos de adquisición en algunos de los productos, y permitir a la empresa la comercialización a futuro de la obra producción que es esperada a partir del crecimiento paulatino del proyecto.

A continuación el árbol de problemas tomando en cuenta toda la situación actual en la que se encuentra inmerso tanto nuestra población como la mayoría de los habitantes a nivel mundial.

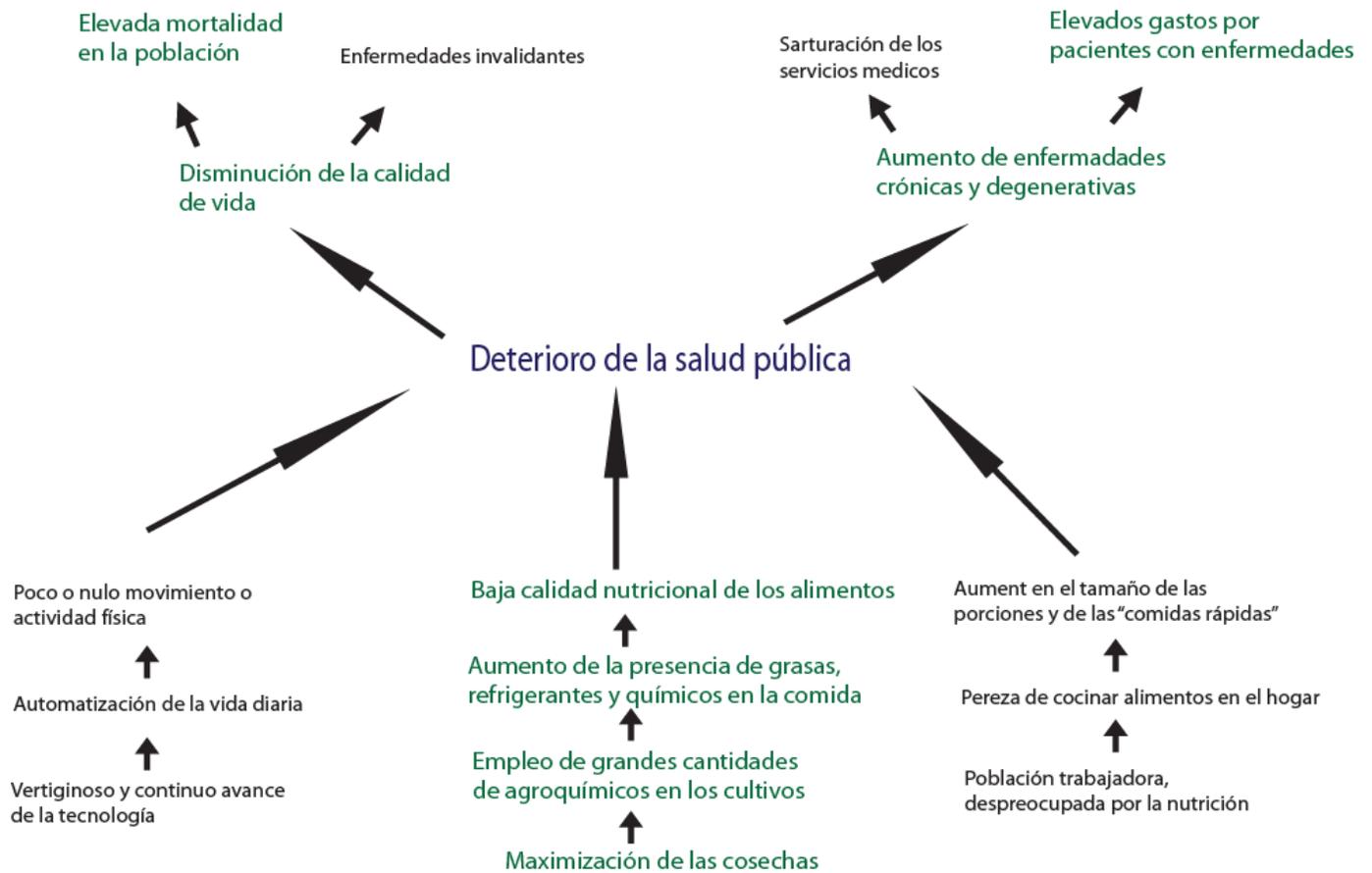


Figura 22 Árbol de problemas

2.2 Justificación

Dada la deteriorada situación en la que se encuentra la agricultura en los últimos años, y debido a todos los factores sociales y ambientales, expuestos con anterioridad; el sistema de cultivo hidropónico cuenta con grandes capacidades, para contribuir en el desarrollo de una propuesta para la mejora de las condiciones actuales de vida de la población. Ayudando así a la disminución de la obesidad y la mal nutrición en todos los consumidores de los producto generados mediante el sistema propuesto.

Se procura alcanzar una mejora en la salud de los consumidores de los productos ofrecidos por la empresa, al ser libres de sustancias químicas. Así como el hecho de estarse iniciando a nivel mundial una nueva corriente

“saludable” en la población (dada las elevadas tasas de mortalidad acumuladas por malas prácticas alimenticias y modelos de cultivo inadecuados), va a permitir un mayor desarrollo y comercialización a futuro de los productos generados tanto en cultivo tradicional orgánico como mediante la hidroponía, por lo que se prevé a un mediano plazo una mayor demanda para los cultivos con condiciones de siembra sin químicos.

La empresa cuenta con un elevado consumo interno de diversos cultivos, entre los que se encuentran tomates, zanahorias, rábanos, culantro, chile dulce, perejil, apio y lechuga como los principales. Debido al consumo que se tiene de dichos alimentos, se destina un presupuesto cercano al medio millón de colones para la adquisición de los mismos de forma mensual. Es por este motivo que los dueños han decidido buscar otra opción, como cuentan con una extensa cantidad de terreno en la zona de Matina (Limón) se han planteado la posibilidad de cultivar los productos que ellos mismos consumen en un área inicial de 100 m².

Se pretende obtener al menos 70 kg de productos agrícolas en una zona cuyos terrenos han sido destinados predominantemente para el cultivo de banano y plátano, lo cual ha deteriorado la calidad del suelo considerablemente, por lo que la hidroponía surge como una opción con alto interés por parte de los dueños. Debido también a que se obtienen productos beneficiosos para la salud a causa del sistema de cultivo. Y presenta una forma optimizada de producción, lo que genera la oportunidad de venta de los excedentes que no sean consumidos por los clientes del proyecto.

Presentando una nueva posibilidad de competencia para la empresa. Así como una retribución monetaria de parte de la inversión lo cual puede proporcionar una oportunidad de crecimiento.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de cultivo mediante el empleo del método hidropónico que funcione eficientemente en la zona de Matina, Limón.

2.3.2 Objetivos Específicos

- ♣ Desarrollar condiciones propicias para cultivar hortalizas en la zona de Limón mediante control de factores.
- ♣ Obtener un buen desempeño del espacio mediante la distribución adecuada de los cultivos.
- ♣ Brindar cultivos de buena calidad y saludables mediante el empleo correcto de la hidroponía



Figura 23 Árbol de objetivos Globales

Tabla 7 Análisis de involucrados

Grupo	Intereses	Problemas percibidos	Recursos	Interés	Conflictos potenciales
Dueños	<p>Eliminar la dependencia de revendedores</p> <p>Disminuir los gastos en compra de insumos</p> <p>Control sobre el cuidado y el desarrollo de los cultivos consumidos</p> <p>Comercializar productos de origen orgánico y saludable</p>	<p>-Elevados costos de compra</p> <p>-Productos con calidad mixta (no siempre se encuentran en las mejores condiciones)</p> <p>-Poco aprovechamiento de los terrenos disponibles</p> <p>-Origen y condiciones de cultivos desconocido</p> <p>-Normas de higiene en los cultivos son desconocidas</p> <p>-Lapso de cultivo prolongado</p> <p>-Compra de productos a terceros</p> <p>-Agotamiento de los nutrientes en el terreno</p>	<p>Recursos económicos para el desarrollo del proyecto</p> <p>Recursos humanos para la implementación y mantenimiento</p>	ALTO	<p>Tiempo de implementación y cultivo</p> <p>Producción de la cantidad de producto requerido</p>
Consumidores	<p>Productos más saludables</p> <p>Mejora en la calidad de vida</p>	<p>-Variaciones de calidad en los productos</p> <p>-Excesivo empleo de agroquímicos en los cultivos</p>	Recursos económicos para la compra del producto	BAJO	Costo del producto final
Diseñador	<p>Productos de buena calidad</p> <p>Cantidad adecuada de producto</p>	<p>-Variaciones de calidad y precio de los productos</p> <p>-Poco aprovechamiento de los terrenos disponibles</p> <p>-Origen y cuidado de cultivos desconocido</p> <p>-Compra de productos a terceros</p> <p>-Grandes áreas destinadas a pastizales</p> <p>-Normas de higiene en cultivos son desconocidas</p>	Recurso humano para el planteamiento del proyecto	ALTO	<p>Condiciones de la zona donde se implementaría el proyecto</p> <p>Tiempo disponible para el planteamiento y desarrollo del proyecto</p>
Comunidad	<p>Mejora de los sistemas de cultivo</p> <p>Conocimiento de nuevas técnicas para aprovechar el terreno</p>	<p>-Únicos cultivos de la zona son plátanos y bananos</p> <p>-Agotamiento de los nutrientes en el terreno</p> <p>-Tiempos de cultivo prolongados</p> <p>-Grandes áreas de terreno destinadas a pastizales</p> <p>-Excesivo empleo de agroquímicos en los cultivos</p>	<p>Recurso humano para el cultivo</p> <p>Recurso espacial para nuevas zonas de cultivo</p>	BAJO	Desinterés en la implementación de las técnicas de hidroponía

2.4 Alcances

Creación y propuesta de un modelo de invernadero hidropónico que cuente con control de los factores de riego, materiales y formas de los componentes requeridos. Así como la distribución adecuada para la producción de diversos cultivos.

Presentación de un modelo virtual donde se pueda comunicar la distribución del producto.

2.5 Limitaciones

Debido al plazo para realizar el proyecto no es posible llevarlo a su fase de producción, por lo que no se podrá determinar en sus últimos detalles. Hasta una vez que el mismo haya sido implementado por la empresa.

La disponibilidad de implementos pre-existentes para el control de factores y su adquisición pueden retrasar la implementación, por lo que los costos definitivos no podrán ser calculados en su totalidad.

2.6 Metodología del diseño

Se contemplan los principales temas para el desarrollo del proyecto: las etapas básicas y los aspectos relevantes dentro de éstas. Para la correcta ejecución de dichos aspectos se consultará la metodología planteada por Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger en "Diseño y Desarrollo de Productos: Enfoque multidisciplinario".

Planteamiento

- Información sobre la empresa.
- Investigación sobre hidroponía.
- Planteamiento de problema, objetivos, alcances y limitaciones.

Análisis basados en el estado del arte

- Funcional.
 - Cultivos.
 - Invernadero.
- Perceptual.
 - Usuario.
 - Objeto.
- Tecnológico.
 - Materiales.
 - Procesos de fabricación.
- Conclusiones de los análisis.

Gestión de diseño

- Definir las necesidades.
- Definir los requisitos del producto.
- Despliegue de función de calidad.

Conceptos y propuestas

- Generación y evaluación de posibles soluciones.
- Caracterización y evaluación de conceptos.
- Creación y evaluación de propuestas.
- Selección de la propuesta final.

Detallado de la propuesta final

- Validación y explicación de la propuesta.
- Alcances del proyecto.
- Gradientes de mejoramiento y recomendaciones.

Figura 24 Metodología de diseño

3. ANÁLISIS SEGÚN LOS PRODUCTOS EXISTENTES.

3.1 Análisis Funcional

3.1.1 Sistemas de siembra

a. Mangas

Cobertor (1): Mantiene la humedad y la oscuridad que necesitan las plantas para su desarrollo. Es fabricado de un plástico negro empleado en agronomía.

Sustrato (2): Funciona como medio de soporte para las raíces, permite la absorción de la solución y la oxigenación de la planta.

Raíces (3): Requieren de un medio oscuro y húmedo para su buen desarrollo, es la parte de la planta por donde se absorben los nutrientes presentes en la solución.

Desagüe (4): Permite la eliminación del exceso de líquido en la estructura.

Solución (5): En este caso se introduce por medio de un embudo, es la mezcla de nutrientes de los que la planta se va a alimentar durante su vida.

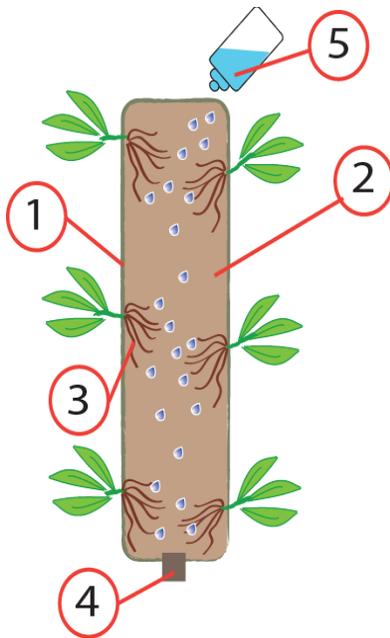


Figura 25 Cultivo en mangas Verticales

El alto de la columna se recomienda que no sobrepase los 2.2 m, para facilitar las labores, ya que si son más altas es necesario utilizar escaleras o bancos para realizar cualquier labor.

Con este sistema se consigue una alta densidad de plantas por metro cuadrado, pero está restringido solo para plantas de porte bajo, y las cuales no sean muy exigentes de luz, de lo contrario se tendría que separar mucho las columnas y se perdería la alta densidad de plantas por área que se trata de conseguir con esta técnica.

b. Camas

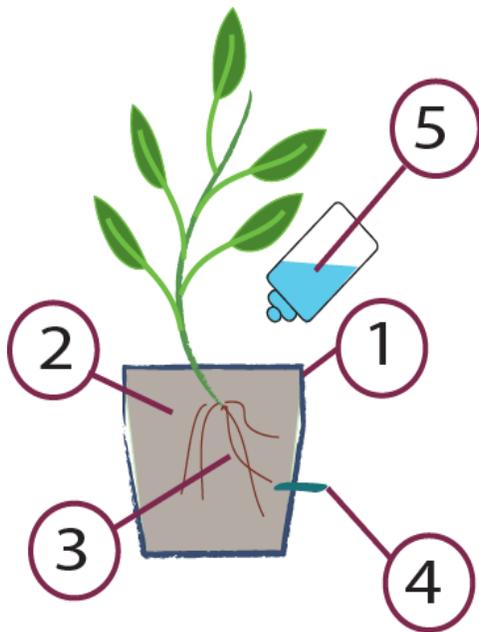


Figura 26 Cultivo en camas

Recipiente o cama (1): Mantiene la humedad y la oscuridad que necesitan las plantas para su desarrollo. Se encuentra forrado con plástico empleado en agronomía para mantener las condiciones necesarias.

Sustrato (2): Funciona como medio de soporte para las raíces, permite la absorción de la solución y la oxigenación de la planta.

Raíces (3): Requieren de un medio oscuro y húmedo para su buen desarrollo, es la parte de la planta por donde se absorben los nutrientes presentes en la solución.

Desagüe (4): Permite la eliminación del exceso de líquido en la estructura. Se localiza a 2 pulgadas de la base de la cama.

Solución (5): Se puede introducir mediante irrigación, es la mezcla de nutrientes de los que la planta se va a alimentar durante su vida.

Las camas son rellenas con un sustrato inerte, como puede ser la arena gruesa, polvo de piedra o alguna mezcla de sustratos. El tamaño estándar es de entre 0.6 m y 1.5 m de ancho, de 10 a 15 cm de alto, y el largo que permita el área de siembra.

c. Raíz flotante

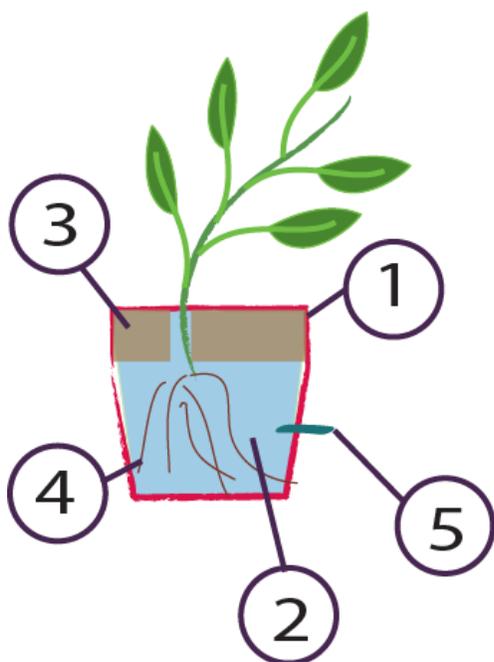


Figura 27 Cultivo mediante raíz flotante

Recipiente (1): Mantiene la humedad y la oscuridad que necesitan las plantas para su desarrollo. Se encuentra forrado con plástico empleado en agronomía para mantener las condiciones necesarias.

Solución (2): En este caso, la solución se contiene en la totalidad del recipiente, aquí se encuentra inmersa la planta.

Soporte (3): consta de una lámina de material no poroso, donde se sostiene a las plantas y se aísla el interior con la solución del medio ambiente.

Raíces (4): Requieren de un medio oscuro y húmedo para su buen desarrollo, es la parte de la planta por donde se absorben los nutrientes presentes en la solución.

Desagüe (5): Permite la eliminación del exceso de líquido en la estructura. Se localiza en la base del contenedor, su uso se da únicamente cuando va a sustituir el líquido con solución presente en el interior.

La solución sobrante que se recoge al final de cada línea de cultivo, pasa a través de un embudo y es conducida por gravedad a un depósito de recepción, situado en el cabezal de riego, donde se reponen agua y los nutrientes consumidos por el cultivo.

3.1.2 Sistemas de riego

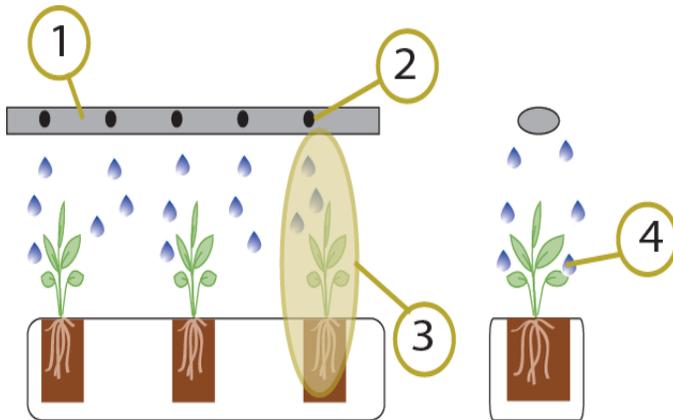


Figura 28 Diagrama de riego por goteo

a) Goteo

Canales (1): Son el medio de distribución del agua desde el tanque hasta los diversos canales de goteo en plantación.

Goteros (2): Se encargan de regular la salida del líquido.

Área de alcance (3): La zona de humedad dada por los goteros se

focaliza en la planta.

Solución nutritiva (4): Es la solución que viaja por todos los canales consta de nutrientes y agua, necesarios para el desarrollo adecuado de las plantas.

b) Aspersión

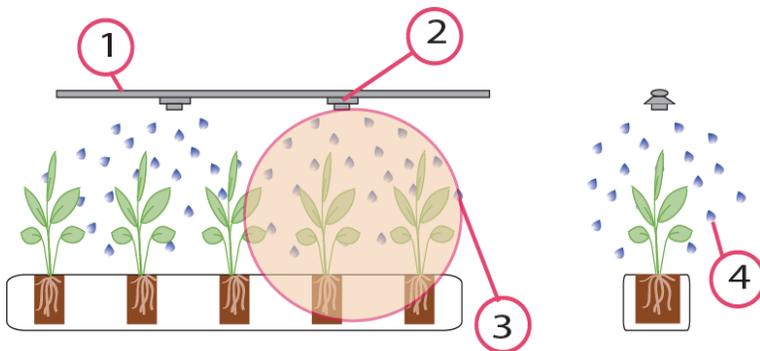


Figura 29 Diagrama de riego por aspersión

Canales (1): Son el medio de distribución del agua desde el tanque hasta los diversos aspersores en la plantación.

Aspersores (2): Se encargan de regular la salida del líquido y su distribución.

Área de alcance (3): La zona

de humedad dada por los aspersores abarca toda la fila, e incluso áreas poco importantes del terreno.

Solución nutritiva (4): Es la solución que viaja por todos los canales consta de nutrientes y agua, necesarios para el desarrollo adecuado de las plantas.

3.1.3 Estructura (invernadero)

a) Techo y paredes traslúcidas

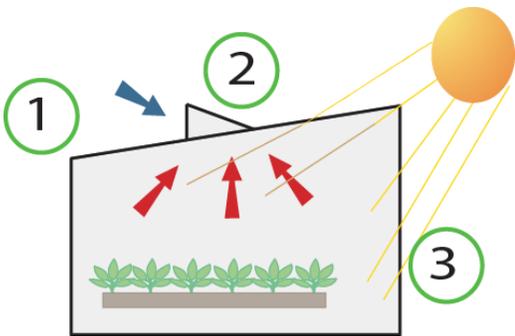


Figura 30 Invernadero traslucido

Son estructuras que buscan la máxima capacidad de claridad que pueda brindar la estructura. Se componen de paredes y techos traslúcidos. Lo que permite el empleo de la luz día.

Ventilación (1): se da mediante escotillas, generalmente se emplean también ventiladores para circular el aire en el interior.

Calor interno (2): Se almacena en enormes cantidades por lo cerrado de la estructura, este tipo de construcción se usa en lugares fríos.

Luz y calor solar (3): Entra directamente, a cualquier hora del día.

b) Techo opaco y paredes traslúcidas

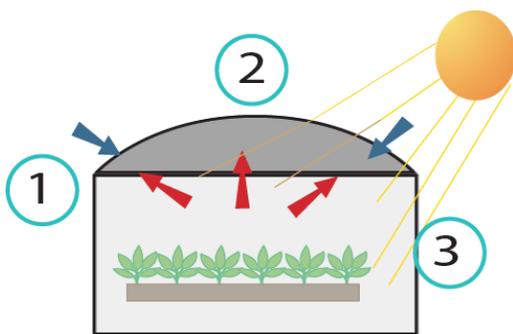


Figura 31 Invernadero con techo opaco

Se busca el aprovechamiento del calor y la luz, sin que ésta penetre directamente hacia las plantas, permite bajar un poco el calor interno de la estructura al no calentar sobremanera el aire del interior.

Ventilación (1): se da mediante escotillas, generalmente se emplean también ventiladores para circular el aire en el interior.

Calor interno (2): Se almacena en enormes cantidades por lo cerrado de la estructura, este tipo de construcción se usa en lugares fríos.

Luz y calor solar (3): Entra directamente, a cualquier hora del día.

Luz y calor solar (3): Entra directamente por las paredes, la estructura superior ayuda a disminuir la incidencia de la luz.

c) Techo abierto y paredes traslúcidas

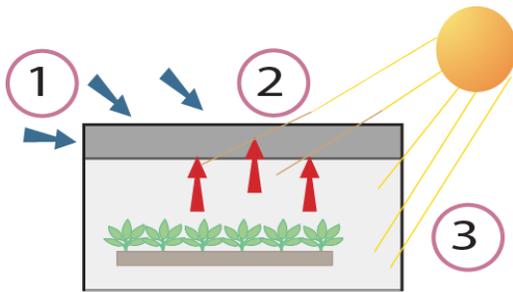


Figura 32 Invernadero con techo abierto

Son estructuras que permiten un mejor control de la temperatura interna. La ventilación es más fluida y no depende únicamente de medios mecánicos para hacer fluir el aire.

Ventilación (1): el aire fluye libremente a través de la estructura del techo, la cual también frena las ráfagas de aire.

Calor interno (2): Se elimina de forma constante a través del techo, el cual es construido generalmente con sarán (una especie de maya empleada en agricultura).

Luz y calor solar (3): Entra directamente por las paredes, la estructura superior ayuda a disminuir la incidencia de la luz.

d) Techo traslúcido y sin paredes

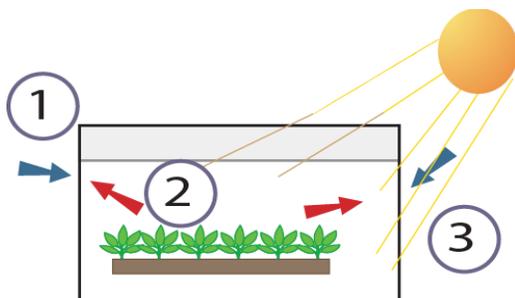


Figura 33 Invernadero sin paredes

El techo abriga la estructura de la lluvia y de la incidencia del sol. Al no tener paredes al aire fluye libremente solo que presenta problemas con el control de los insectos en el cultivo. Esta estructura es empleada en zonas muy calientes.

Ventilación (1): se da libremente al carecer de estructura lateral. En algunos casos se coloca sarán en los costados para proteger un poco más los cultivos.

Calor interno (2): Se ventila fácilmente, esta estructura se emplea en zonas muy calientes, por lo que la hidratación de las plantas es importante.

Luz y calor solar (3): Entra directamente al amanecer y atardecer, la estructura del techo protege durante la mayor parte del día.

Tabla 8 Comparación de las estructuras de invernadero

Elemento	Techo y paredes traslucidas	Techo opaco y paredes traslucidas	Techo abierto paredes traslucidas	Techo traslucido sin paredes
Ventilación	Medios mecánicos y naturales	Medios mecánicos y naturales	Medios naturales	Medios naturales
Aislamiento del medio	Total, no permite paso de insectos	Total, no permite paso de insectos	Parcial, permite paso de insectos por aberturas del techo	Nulo, al no tener paredes cualquier agente externo puede acceder al cultivo
Disipación del calor interno	Tiende a almacenarse en grandes cantidades	Tiende a almacenarse en grandes cantidades	Eficiente, al tener la parte superior abierta el aire caliente fluye	Rápida, el viento tiene paso libre por toda la estructura
Paso de luz solar	Directa a cualquier hora	Directa por las paredes, techo disminuye un poco	Directo por las paredes, techo lo disminuye	Directa al amanecer y atardecer
Zona de óptima	Clima frío	Clima frío	Clima templado	Clima cálido
Costo general	Alto	Alto	Medio	Bajo

3.1.4 Relación con el usuario

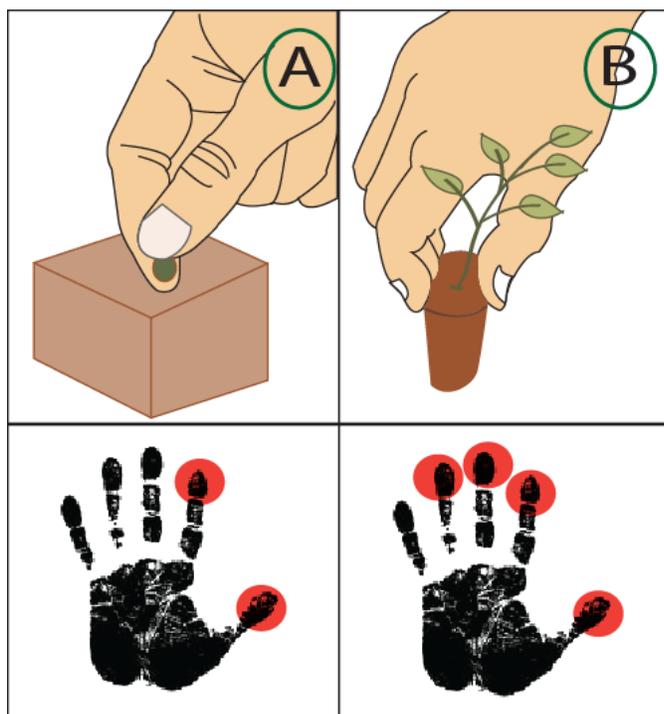


Figura 34 Zonas de contacto durante la siembra y el trasplante

a) Plantación

La siembra de la semilla (A) debe darse de forma adecuada y según las necesidades de cada cultivo, en la parte inferior izquierda se pueden ver señaladas las zonas de contacto al realizar la siembra de las semillas. Una vez transcurrida la germinación, cuando la plántula posee tres pares de hojas verdaderas, se realiza el trasplante (B), (no todos los cultivos requieren de este proceso), en la parte inferior se

pueden observar las zonas de contacto al realizar la manipulación de la planta.

b) Recolección

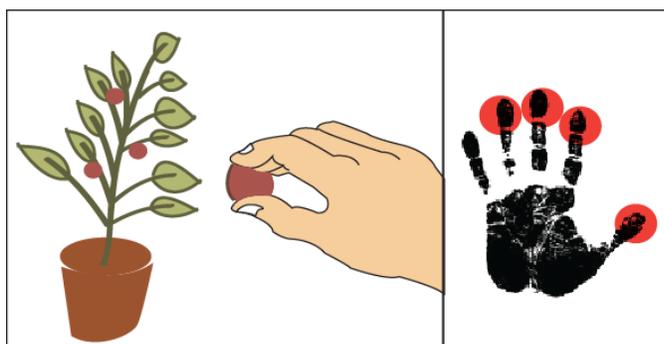


Figura 35 Zonas de contacto en la recolección del cultivo

Cuando se recolectan los cultivos, se debe a que se encuentran las plantas o los frutos en el estado adecuado para ser consumidos. En la imagen se muestran las zonas de contacto del usuario con los frutos.

c) Rangos de movimiento y dimensiones útiles del usuario

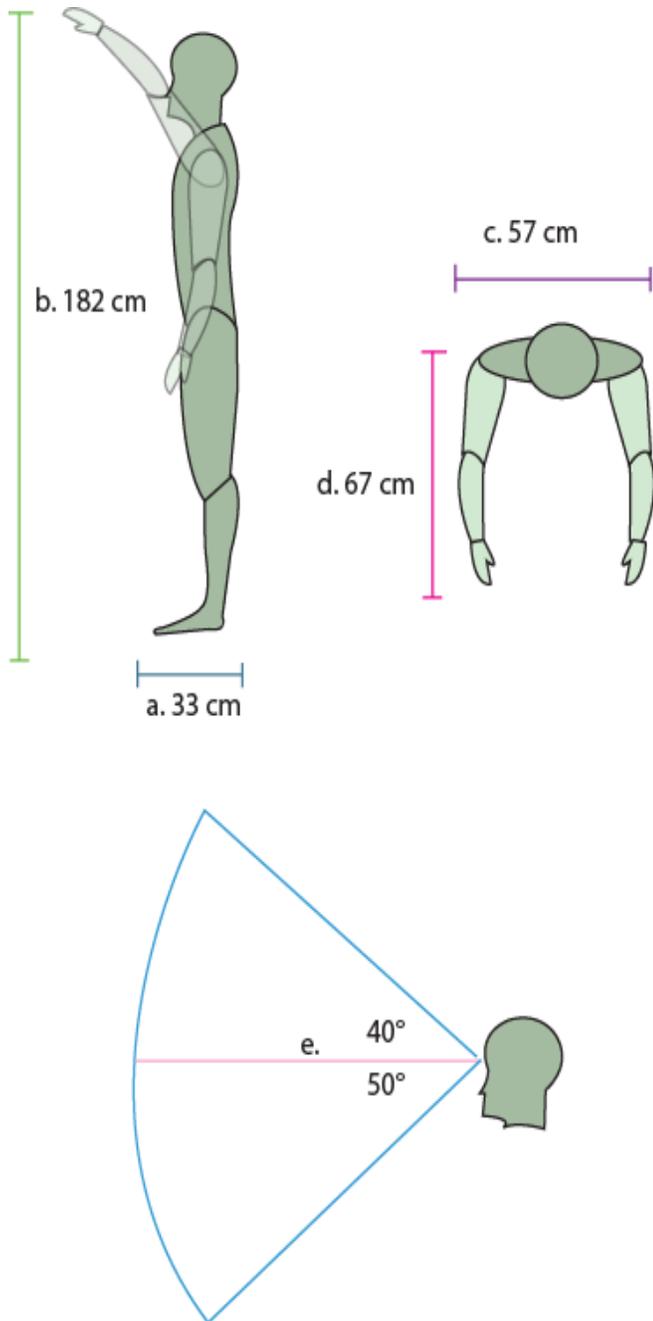


Figura 36 Rangos de movimiento a considerar para plantear la estructura

Las dimensiones de las personas que van a requerir desplazarse por el interior de la estructura son importantes.

Ancho del cuerpo (a): nos permite calcular el espacio que va a ocupar el usuario cuando se encuentre, sembrando semillas, inspeccionando el cultivo o recolectando los frutos y plantas maduras.

Alcance vertical (b): ayuda a determinar la altura máxima a la que pueden ser colocadas las plantas, sin que se requiera de escaleras o cualquier otro implemento para accederlas.

Ancho de hombros (c): Da la dimensión para el pasillo por el que se va a circular sin proporcionar daños a los cultivos por falta de espacio transitable.

Profundidad de alcance (d): en caso de colocarse las plantas en escalones a desnivel, nos da la restricción de la profundidad que puede haber en el total

de la estructura.

Rango de visión (e): Permite colocar las plantas a alturas donde sean fácilmente visibles por el usuario, este rango de la imagen es el propio con la vista al frente.

3.1.5 Sistema estructural

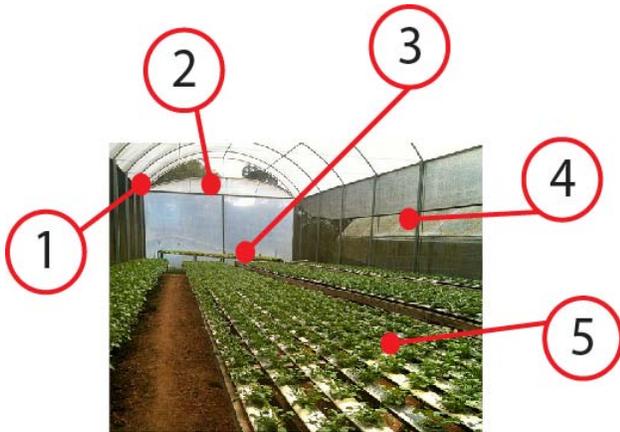


Figura 37 Sistemas presentes en la estructura

Estructura de soporte (1): Consta de vigas y largueras, se encargan de sostener el material protector y dar forma al espacio interno. Distribuyen las cargas generadas tanto por el manteado o cobertor como por los agentes externos como la lluvia y el viento.

Ventilación (2): Se puede dar tanto de forma natural como mecánica, ayuda a

mantener la circulación adecuada del aire y de la temperatura en el interior de la estructura.

Sistema de riego (3): Mediante tubería y tanque de agua se distribuye el líquido por el cultivo. Los sistemas de riego pueden variar como se explicó anteriormente.

Cobertor o manteado (4): se conforma de un material liviano y resistente, generalmente plástico o sarán. Ayuda a proteger el cultivo del ataque de insectos, y de los factores ambientales.

Hileras de cultivo (5): es el espacio donde se encuentran las camas con las plantas en su interior, la distancia entre plantas e hileras está determinada por el tipo de cultivo.

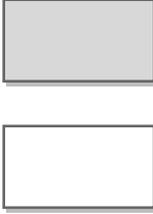
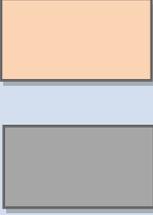
3.2 Perceptual

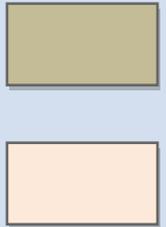
3.2.1 Características de las estructuras.

Según las características de las estructuras se puede determinar la distribución en la que se colocan las plantas dentro de la estructura, la

geometría y la cromática de las mismas. Así como estimar el aprovechamiento del espacio disponible y de la estructura generada.

Tabla 9 Descripción cualitativa de los productos existentes

<u>EJEMPLO</u>	<u>DISTRIBUCIÓN</u>	<u>ESTRUCTURA</u>	<u>TOPOLOGÍA</u>	<u>CROMÁTICA</u>
	Plantación vertical en un solo plano.	Auto portante de empleo manual	 <p>Forma semi orgánica, se aprovecha la altura pero solo usa una cara de la estructura.</p>	
	Plantación vertical en hileras horizontales con cambio de altura	Estructura fija con anclaje a sistema de tuberías.	 <p>Estructura geométrica angular, aprovecha las alturas y la profundidad.</p>	
	Plantación en hileras horizontales sin cambios en la altura.	Estructura con anclajes laterales y fija. Irrigación externa.	 <p>Estructura plana, no aprovecha la altura, solo la profundidad.</p>	

	<p>Plantación en hileras verticales sin cambios de posición entre las plantas de la hilera.</p>	<p>Estructura con anclajes externos, y conexiones a los sistemas de irrigación.</p>	 <p>Estructura plana, aprovecha el espacio de la altura y la profundidad se da por repetición.</p>	
	<p>Plantación con hileras en una estructura cerrada. Cambios de altura entre hileras.</p>	<p>Estructura autoportante, con sistemas eléctricos de iluminación y riego.</p>	 <p>Estructura orgánica, aprovecha el volumen aunque el acceso se compromete.</p>	

3.2.2 Segmentación de las estructuras.

Las estructuras se pueden clasificar en ornamentales y de consumo, siendo las primeras mayormente para cultivo de plantas con flores y las segundas para plantas con fines alimenticios. Dentro de estas categorías también se puede considerar la fabricación de la estructura, siendo algunas para uso casero, y otras más elaboradas para fines industriales de comercialización de los cultivos contenidos en dichas estructuras.



Figura 38 Segmentación perceptual de las estructuras de cultivo

En lo que respecta al sector casero, la mayoría de las respuestas buscan un aprovechamiento ornamental del espacio, por su parte lo que respecta al sector industrial, si bien algunas estructuras cuentan con características ornamentales, el fin principal, se encuentra en la generación de condiciones adecuadas para un cultivo de consumo. Las respuestas son más comerciales y de mayores dimensiones.

3.3 Análisis tecnológico



Figura 39 Invernadero A

3.3.1 Invernaderos

Cobertura: Polietileno

Estructura: Acero Galvanizado + Perfiles de Cierre de Aluminio.



Figura 40 Invernadero B

Cobertura: Vidrio de ¼"

Estructura: Aluminio con bases en concreto



Figura 41 Invernadero C

Cobertura: Polietileno

Estructura: Madera



Figura 42 Invernadero D

Cobertura: Sarán

Estructura: Acero galvanizado

3.3.2 Bandejas o camas



Figura 43 Bandejas individuales

Fabricados en polipropileno. Son utilizadas para fines comúnmente ornamentales, debido a que se requiere una bandeja para cada planta.



Figura 44 Sistema de siembra en camas

Fabricado en madera con un forro de polietileno. Cama común. Se emplean con sustrato inerte para el soporte de la planta durante su desarrollo.



Figura 45 Sistema común para NTF

Tubería de PVC. Sistema de Cama individual. Se coloca una plántula por agujero, donde se encuentran inmersas en la solución nutritiva.



Figura 46 Bolsas NGS de tres capas

Se conforma de mangas de polietileno colocadas una dentro de otra para recircular los nutrientes y permitir el desarrollo libre de las raíces.

Tabla 10 Descripción general de los materiales empleados.

Material	Características	Tipo de producción	Proceso de fabricación	Accesibilidad	Resistencia
Polietileno	<p>Es un polímero termoplástico con elevadas características mecánicas. Sella por calor. Impermeable al vapor de agua. Elevada rigidez. Capacidad de plegado. Material puede esterilizarse por vapor de agua</p>	Industrial en altas series	Extrusión soplado	La película ya fabricada se comercializa en el país, el trabajo con la materia prime requiere una inversión millonaria.	Elevada, resiste viento, sol y lluvia. Tiempo de vida 3-5 años
Acero galvanizado	<p>Presenta características favorables, como su alta resistencia, maleabilidad, Trabajabilidad, sin embargo tiene un alto índice de corrosión y de conductividad eléctrica. El acero galvanizado es aquel que se obtiene luego de un proceso de recubrimiento de varias capas de la aleación de hierro y zinc.</p>	Industrial en altas series	Se obtiene mediante un baño de aleación a las piezas de acero.	Se consiguen láminas, perfiles y tubos. Algunas empresas se dedican a la fundición sin embargo, los productos son similares.	Media, tiene altos índices de corrosión por lo que requiere mantenimiento constante. Vida útil cercana a los 7 años.

Vidrio	<p>Es un material relativamente frágil, tiende a fracturarse bajo presión superficial. Es resistente a los químicos y permite el paso de la luz a través de él. Permite el paso del calor, dependiendo del ángulo puede funcionar como lupa.</p>	Industrial en altas series.	Calandrado y soplado	Se consiguen láminas de diversos espesores.	Baja resistencia a las cargas, sin cargas o con cargas controlables puede tener una vida útil de más de 20 años.
Polipropileno	<p>Rango de temperatura de trabajo 0°C +100°C. Posee una gran capacidad de recuperación elástica. Resiste al agua hirviendo, pudiendo esterilizarse a temperaturas de 140°C sin deformación. Resiste a las aplicaciones de carga en un ambiente a una temperatura de 70°C sin producir deformación. Gran resistencia a la penetración de los microorganismos, a los detergentes. Debido a su densidad flota en el agua.</p>	Industrial en altas series	Extrusión soplado	Se consiguen los productos ya fabricados, a razón de fabricar una estructura específica se requiere de una gran inversión monetaria.	

PVC	Se endurece con el frío y se ablanda con el calor. Por este motivo aumenta su resistencia mecánica a bajas temperaturas y disminuye su resistencia al impacto. Al contrario, hasta los 40°C, la influencia de la temperatura es prácticamente nula. De 40°C a 66°C se puede utilizar PVC rígido, teniendo en cuenta que las presiones y cargas mecánicas que podrá soportar son inferiores a las normales. A 0°C es necesario proteger el PVC de los impactos.	Industrial en altas series	Se pueden general objetos, por calandrado, moldeado, inyección, extrusión y soplado	Los productos que se consiguen son generalmente para drenajes y cañerías.	Resistencia para drenajes, por la sensibilidad extrema a algunas temperaturas no se recomienda su uso para fines especiales.
Aluminio	El aluminio es un elemento químico dúctil, no soluble en agua, y es el metal más abundante sobre la corteza terrestre. Este se destaca por su capacidad de resistir la corrosión y por su baja densidad	Industrial y de alto seriado, se puede trabajar a mediana escala.	Extrusión y moldeado	Tubos y perfiles preformados se encuentran en el mercado, fabricación de piezas desde molde no es accesible.	Elevada resistencia, al no corroerse presenta una vida útil de 15 años, dependiendo de las sustancias con las que se encuentre en contacto.

Madera	Es un material poroso, no conduce la electricidad, por su densidad flota en el agua, es muy susceptible a la humedad y el sol constantes, así como el ataque de plagas (termitas, comején y hormigas, las más comunes)	Industrial en pequeñas series, o incluso como trabajo artesanal.	Torneado, se puede Trabajar con herramientas de corte sencillas.	Se consigue tanto la materia prima como diversas tablas, reglas y molduras prefabricadas.	Presenta una vida útil muy variable, la humedad y las plagas la deterioran rápidamente.
---------------	--	--	--	---	---

En lo que respecta al empleo de la tecnología para el manejo de las propiedades del cultivo y la regulación y control de sus características, existen diversos aparatos, los más sofisticados no disponibles en el país que permiten el control de factores vitales para el adecuado desarrollo de la planta, como lo son la humedad, el pH y el agua. Además existen aparatos que permiten el control “maestro” de todo el sistema, dichos productos ya incluyen el software para su empleo adecuado, por lo que su instalación es relativamente simple.

Tabla 11 Dispositivos de automatización de factores

Pieza	Imagen	Descripción
Bomba centrífuga		<p>Acoplada directamente a motor eléctrico de corriente alterna, trifásico 220/440 volts 60 ciclos 2 polos 3500 r.p.m.</p> <p>Potencia 3HP</p> <p>Caudal máximo 265 l.p.m</p>

<p>Bomba centrífuga PTS 4V</p>		<p>Caudal de uso 160 l.p.m Diámetro de succión de 10 cm Soporta el paso de partículas sólidas de hasta 10 mm. Potencia de 16 HP y motor de 3600 r.p.m</p>
<p>Motobomba</p>		<p>Se emplean para mover agua limpia o sucia. Muy comunes en sistemas de riego agrícola. Caudal 8000 l.p.h Potencia 2,8 HP</p>
<p>Sensor de Temperatura</p>		<p>Lectura de -20°C a 100°C, con una variación de +- 1°C Tiempo de respuesta 240 ms Lector con infrarrojo, no requiere de contacto directo con la planta.</p>
<p>Medidor de PH</p>		<p>Sirve para el control en el agua de los valores del pH, conductividad, oxígeno y es así también muy apropiado para la medición de la temperatura. Una calibración a 3 puntos así como una compensación de temperatura automática garantizan una gran precisión</p>

<p>Control general NMC- Junior</p>		<p>Ideal para sistemas hidropónicos y cultivos a mediana o gran escala.</p> <p>15 Salidas</p> <p>11 entradas (5 analógicas y 6 digitales)</p> <p>Conexión con sensores de humedad y temperatura</p> <p>115/230V AC</p>
<p>Software</p>		<p>Los equipos cuentan con su propio sistema de control de datos, los cuales pueden ser descargados a cualquier ordenador.</p> <p>Cuentan con sistemas de compatibilidad con Windows y los programas de Office, generalmente Excel.</p> <p>Existen aplicaciones de control de inventarios como el Procreate Agrícola, que permiten mantener datos de control de inventarios dentro del un ordenador.</p>

3.4 Conclusiones de los análisis efectuados.

3.4.1 Análisis funcional

Los diversos tipos de cultivo cuentan con sus propias características, el más empleado es el de cama, ya sea de forma individual o de forma común. Sin embargo se debe determinar qué forma de cultivo se desea desarrollar, esto dadas las condiciones presentes y las factibilidades técnicas con las que se cuenta.

En lo concerniente al cultivo de raíz flotante, se debe tomar en consideración que las aguas residuales de dicho proceso, deben ser o recirculadas por el sistema o tratadas adecuadamente para su purificación antes de ser liberadas nuevamente a la naturaleza.

Las plantas por su parte, deben contar con las cantidades adecuadas de nutrientes para su adecuado desarrollo y recolección. Así como con el espacio y la distancia entre plantas para su adecuado crecimiento. Por lo que la preparación de la solución nutritiva es vital en el éxito del cultivo.

Las estructuras de los invernaderos incorporan todos los factores importantes para la generación de un "microambiente" adecuado para el óptimo desarrollo de las plantas. El riego y el control de plagas siendo los dos grandes factores en conflicto, por lo que el sitio de construcción de la estructura y los materiales que la conforman afectan directamente el control de los elementos involucrados.

3.4.2 Análisis perceptual

La conformación morfológica de la estructura así como la cromática de la misma, no tienen mayor influencia en el desarrollo del cultivo. Sin embargo se pueden presentar como un elemento de valor agregado a nivel del usuario.

En lo que respecta a la delimitación espacial entre cultivos, la misma es casi inexistente, al dedicarse la mayoría de las estructuras analizadas al monocultivo.

El aprovechamiento de espacio no se da siempre de la forma más adecuada debida en algunos casos a la importancia que tiene el carácter "ornamental" en algunas de las estructuras en las que se colocan los implementos, tiene un alto valor.

3.4.3 Análisis tecnológico

Las estructuras internas a nivel constructivo cuentan con materiales metálicos y de elevada resistencia a los cambios y esfuerzos que se presentan con los diversos factores. Siendo el acero inoxidable y aluminio los materiales predominantes.

El PVC y el polietileno pueden ser empleados tanto para el cerramiento como para la construcción de la estructura. Esto por la elevada variación de procesos constructivos que se presentan como por la gran gama de productos prefabricados existentes en el mercado.

Es importante recalcar la diferencia de costos entre las estructuras metálicas y los prefabricados poliméricos, siendo estos últimos de menor costo de adquisición y de una extensa vida útil en condiciones temperatura adecuadas.

Por el clima y las condiciones propias de la zona, el cerramiento con sarán se consideraría adecuado. Esto por el calor y la humedad, así como por la posibilidad de circulación de aire en una estructura "cerrada".

3.5 Sitio – destino

El terreno donde se planea la colocación de la estructura, cuenta con las siguientes características:

- ♣ Inclineración 25° -35°
- ♣ Presencia de arboles en los alrededores
- ♣ Cercanía con fuente natural de agua (50 m)
- ♣ Posibilidad de expansión en caso de ser necesario



Figura 47 Fotos del sitio donde se planea la colocación del sistema.

Plagas de la zona

- ♣ Phythopthora sp o Fusarium sp: generan pudrición en los retoños de las plantas y acaban por secar toda la planta, se dan por el exceso de humedad y afecta a cualquier tipo de cultivo.
- ♣ Moluscos: generan daños en las hojas jóvenes de las plantas, se alimentan de la celulosa, por lo que dañan cualquier cultivo. Se reproducen y brotan en invierno, cuando la humedad es mayor, tanto las babosas como los caracoles deterioran las hojas. Las babosas comen, preferentemente, en los primeros días después de la siembra, cortando las plántulas a ras del suelo, daño muy parecido al de los gusanos cortadores. Cuando la babosa es joven, daña solamente las hojas de las plantas y cuando es adulta puede consumir raíces y tubérculos, hojas y tallos.
- ♣ La cochinilla harinosa: Reducción del vigor de la planta, disminución la calidad organoléptica por presencia de melaza y entrada de hongos, formación de fumagina, transmite la enfermedad del "enrolamiento de hoja" (la hoja se quema lentamente y se va enrollando). En invierno las colonias se ubican debajo de la corteza, se debe detectar melaza y presencia de hormigas que indican la ubicación de las colonias. Afectan diversos tipos de cultivos, como la vid, la piña y la caña. Pueden afectar cualquier tipo de cultivo si tienen acceso al mismo.
- ♣ Las hormigas: las conocidas "zompopas" crean defoliación de las plantas, dentro de un cultivo pueden devastarlo en su totalidad. Las hormigas cortan las plantas y las transportan hasta su nido, donde las depositan para generar e hongo del que se alimenta toda la colonia. En la zona de limón este tipo de hormigas es muy común y muy difícil de controlar. Son diversas las plantas que son atacadas por las hormigas cortadoras de hojas, no solo cultivos, sino también pastizales, árboles de importancia forestal y de sombrío, malezas, especies ornamentales y

de jardín. En general son frecuentes sus ataques en yuca, cacao, café, maíz, caña de azúcar, cítricos, mango, fresa, soya, girasol heliotropo, gladiolos, tabaco, mamey, pero, nogal, eucaliptus, teca, ciprés, pino pátula, terminalias o almendros, por lo que su control se da en diversas actividades tanto agrícolas como forestales.

- ♣ Lepidóteros y coleópteros: corresponden la la mayoría de insectos, tipo escarabajos y chinchillas, en sus diversos tipos consumen, hojas, semillas, flores, frutos, raíces y tallos. Por lo que su permanencia en el área de los cultivos puede convertirse en la total destrucción del mismo. Sin embargo a esta familia pertenecen algunas especies que ayudan a controlar las poblaciones de caracoles y babosas, como lo son las vaquitas (conocidos como Mariquitas), las luciérnagas y los Estafilínidos.
- ♣ Nematodos, principalmente el Radophulus similis: Son gusanos de apenas 1 mm de longitud. Con su aguijón bucal perforan las células vegetales y chupan sus jugos, destruyéndolas y disminuyendo la vitalidad de la planta. Algunas especies provocan la aparición de nodosidades y otras malformaciones. Su reproducción puede ser sexual o partenogenética. Las larvas sufren varias mudas hasta alcanzar el estado adulto. Muchas veces, ante condiciones adversas las larvas se enquistan y pasan así un período de tiempo que puede durar hasta varios años. Requieren para vivir suelos húmedos y se propagan con facilidad con la tierra, restos vegetales, aperos de labranza, etc.

Existen nematodos que forman quistes en las nudosidades de las raíces, como Meloidogyne; otros forman quistes libres sobre las raíces, como Heterodera; otros viven en el suelo sin formar quistes, como Pratylenchus; otros nematodos atacan las hojas, como Aphelenchoides o el tronco o el tallo, como Ditylenchus.

- ♣ La enfermedad de la sigatoka negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*: Las esporas de la Sigatoka negra son dispersadas por el viento y depositadas en las hojas mas jóvenes de la planta. Las esporas depositadas germinan, si las condiciones de humedad son buenas, emitiendo un tubo germinativo que penetra por los estomas de las hojas, para luego ramificarse y colonizar varias células vecinas, produciendo el síntoma característico de pizca y posteriormente la mancha necrosis.

La lluvia posee un papel muy importante en la liberación del inóculo, la precipitación provee condiciones de humedad que favorecen el desarrollo de las infecciones, permitiendo establecer una época relativa baja y otra de alta incidencia.

Condiciones propias del terreno

- ♣ Agua: flujo constante, naciente de agua en la zona. Se cuenta con la posibilidad de regar el cultivo en todo el año.
- ♣ Luz: Iluminación 12 horas diarias, luz indirecta, filtrada por árboles propios de la zona.
- ♣ Temperatura: Rango de temperaturas entre los 24°C y los 30 °C
- ♣ Humedad: Relativa 30% en verano, 75% - 80% en invierno.
Precipitación promedio de 4000 mm/año.
- ♣ Clima de la zona: Tropical Húmedo
- ♣ Altitud: 11 msnm

Cultivos a desarrollar

- ♣ Chile dulce: requiere mucha luz, mas no de insolación directa, debida a las quemaduras producidas en los frutos. Toleran temperaturas entre los 17 °C y los 35 °C, a lo largo de su desarrollo, sin generar pérdidas causadas por la temperatura. Se producen en altitudes, entre los 0 – 3000 msnm, siendo en zonas más elevadas más difícil la producción de frutos. En cultivo tradicional, se recomiendan los terrenos arenosos.
- ♣ Tomate: Se desarrolla eficientemente con temperaturas entre los 17°C y los 30°C. Requiere de elevada luminosidad para su desarrollo y floración. En cultivo tradicional se recomiendas los suelos sueltos y arcillosos.
- ♣ Lechuga: Para cultivo tradicional, se prefieren los suelos, arenosos, sueltos y con buen drenaje. Soporta temperaturas entre los 18°C y los 30°C. Tolera humedades relativas con valores cercanos al 80%.
- ♣ Perejil: se desarrolla en climas cálidos. Para cultivo tradicional se buscan los terrenos profundos, sueltos y con buen drenaje. Requiere de condiciones húmedas. Requiere mucha luz, sin embargo el sol directo no le favorece.



Figura 48 Cultivos iniciales para el sistema

4. Definición de los parámetros de diseño

4.1 Necesidades existentes

Se deben determinar las necesidades que generan el problema tanto para la empresa como para el consumidor, y posteriormente se ponderan las necesidades por importancia. Siendo el 1 la menor importancia y el 3 la mayor.

Tabla 12 Listado de necesidades y su peso relativo.

N°	Necesidades	Calificación
<u>Empresa</u>		
1	Variedad de cultivo	2
2	Aprovechamiento del espacio	3
3	Facilidad constructiva	1
4	Personal poco calificado para control	2
<u>Producto</u>		
5	Suministro de agua	3
6	Control de la temperatura	2
7	Control de plagas	3
8	Distribución de las plantas	1
9	Incidencia de la luz	1
10	Adaptación al terreno	2
11	Estructura es reciclable	1

Una vez determinadas las necesidades, es importante poder determinar los requisitos con los que se debe cumplir para la satisfacción de las necesidades. Se agrupan las necesidades según su relación con los requisitos de diseño a los que se les asigna un valor siendo 1 poco importante y 5 muy importante. Esto con el fin de tener un parámetro comparativo para la implementación del

diagrama de calidad y la evaluación de importancia relativa para cada requisito dentro del trabajo a realizar.

Tabla 13 Relación de requisitos con necesidades y su grado de importancia.

Necesidades	Requisitos	Calificación
4 – 10 – 11	Fácil de ensamblar	2
4 – 5 – 6 – 7	Fácil de controlar	5
1 – 8 – 10	Uso eficiente del espacio	4
2 – 5 – 8 – 9 – 10	Disponibilidad para varios cultivos	3
3 – 4 – 5 – 7 – 8	Fácil de mantener	4
5 – 6 – 7 – 9 – 11	Bajo impacto ambiental	3

4.2 Diagrama de despliegue de calidad.

Con la información obtenida de las tablas anteriores, se procede a realizar el diagrama de despliegue de calidad, en el cual se puede ver gráficamente los puntos de mayor peso dentro de la implementación del producto final. En lo que respecta a la selección del concepto, se procederá a la evaluación de cada una de las características necesarias para la implementación según los parámetros que dicte la matriz QFD con peso e importancia relativa.

Siendo los factores más importantes, el riego, el bajo o nulo empleo de químicos, la cantidad de cultivos y la distancia entre plantas. Por lo que con estos factores y los que se consideren concernientes, se ha de realizar la evaluación de las características importantes para determinar el concepto.

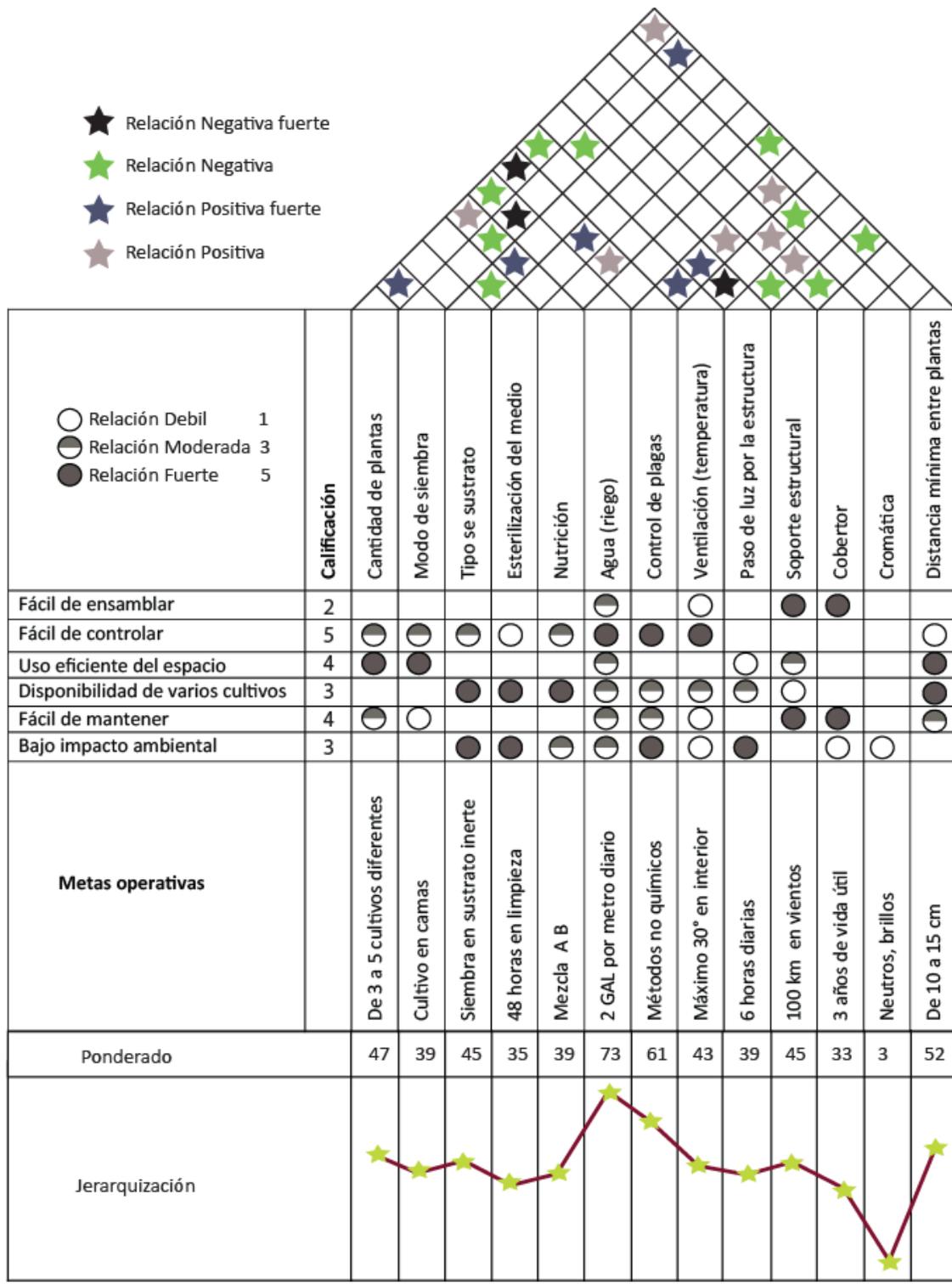


Figura 49 Diagrama de despliegue de calidad (QFD).

4.3 Selección del concepto

Se toman en cuenta los cuatro grandes factores que determinan la totalidad del sistema. Y se evalúan las variaciones de cada sistema con respecto a los parámetros de calidad determinada en el diagrama de despliegue de calidad.

Tabla 14 Variantes analizadas para el sistema de riego.

RIEGO	Aspersores	Goteo	Raíz flotante	Manual
Fácil de controlar	3	2	2	2
Fácil de mantener	3	2	1	1
Fácil control de residuos	3	3	1	1
Bajo impacto energético	2	2	2	1
TOTAL	11	9	6	5

Tabla 15 Posibilidades analizadas para el sistema de ventilación.

VENTILACIÓN	Natural	Mecánica	Mixta
Fácil recirculación de aire	2	2	3
Fácil de controlar	3	2	2
Bajo impacto energético	3	1	2
TOTAL	8	5	7

Tabla 16 Variantes existentes para el sistema de cultivo.

CULTIVO	NFT	Cama individual	Cama común	Manga
Fácil siembra	3	3	3	3
Fácil recolección de frutos	2	3	1	2
Diversificación de cultivo	3	3	2	1
Fácil control de distancia	3	3	1	1
TOTAL	11	12	7	7

Tabla 17 Posibilidades estudiadas para el sistema estructural.

ESTRUCTURA	Sin paredes	Techo opaco	Techo abierto
Fácil control de temperatura	2	3	3
Fácil construcción	2	2	2
Fácil mantenimiento	3	2	2
Fácil integración de sistemas	2	3	3
Ayuda con control de plagas	1	2	2
Bajo impacto ambiental	3	2	3
TOTAL	13	14	15

Se toman los valores seleccionados en rojo para creación de las propuestas. Por lo que se determina como concepto la presencia de los elementos determinados con anterioridad.

Es importante mencionar que la ponderación del análisis que se ha llevado a cabo, está directamente relacionada con los factores de mayor peso tomados del Análisis de Despliegue de Calidad (QFD), mostrado en la página 85. Según el peso de los factores y su relevancia con respecto al sistema involucrado en la evaluación.

En la gráfica siguiente, se muestran las opciones y la ruta a seguir para cumplir con las condiciones, consideradas en la evaluación, como las más adecuadas para la implementación y desarrollo del sistema.



Figura 50 Diagrama del concepto

Se limitan en verde las líneas de los elementos a considerar en la generación de las propuestas. Dada la factibilidad técnica y la importancia de los mismos en el éxito de la implementación final del proyecto.

5. GENERACIÓN DE PROPUESTAS

Del concepto seleccionado se generan las propuestas, las cuales se detallan a continuación.

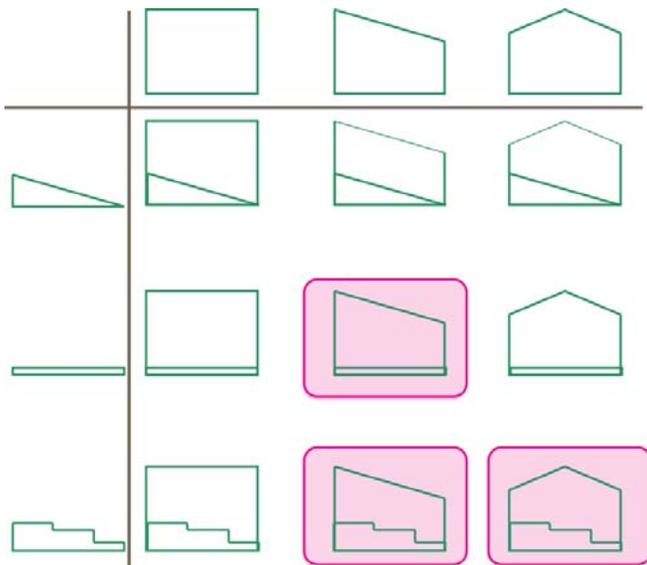


Figura 51 Estructura de aguas con respecto al terreno

a. En lo que respecta a lo descrito anteriormente del terreno, considerando las inclinaciones y lo escarpado de la zona surgen tres posibilidades, dejar el terreno como está, generar una superficie plana o trabajar por terrazas. En lo que respecta al desagüe de la estructura puede ser plano, a un agua o a dos aguas.

Las posibilidades planas no satisfacen el desagüe, por lo que no se contemplan las posibilidades.

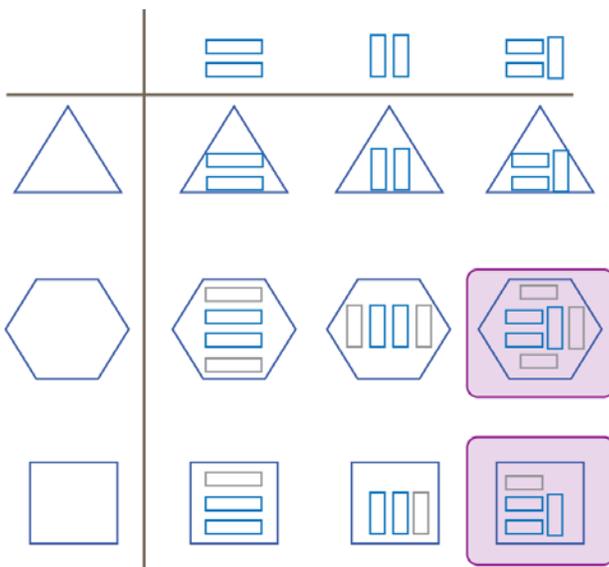
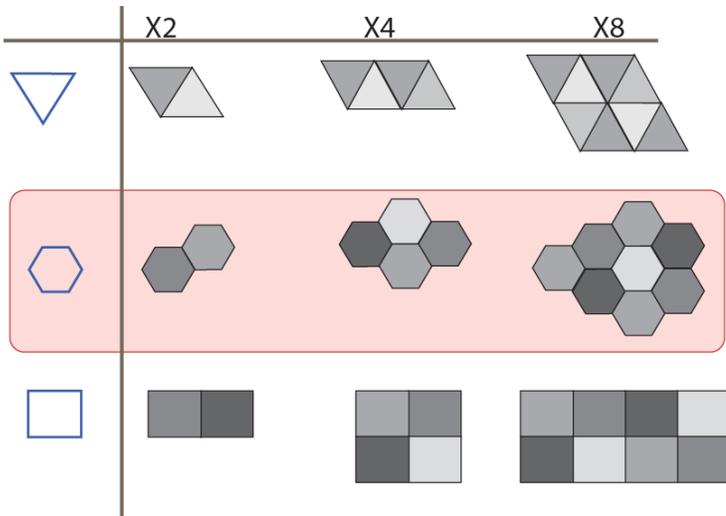


Figura 52 Posibilidad de acomodo según geometría.

b. En lo que respecta a la geometría se plantean figuras básicas, debido a los requerimientos constructivos. En lo concerniente al acomodo, se presentan las siguientes posibilidades, horizontales todas, verticales todas o una combinación de horizontales con verticales.

En lo que respecta a la geometría triangular, debido al poco aprovechamiento del espacio y a la necesidad de sobredimensionado para su funcionalidad, no se consideran las opciones.



c. Modularidad presente en el crecimiento de la estructura según las geometrías. Debido a la irregularidad del terreno, la estructura debe presentar la capacidad de crecimiento a cualquier dirección.

Motivo por el cual se selecciona el hexágono como la geometría apta para el perímetro de la estructura.

Figura 53 Modularidad del crecimiento de la estructura.

Para el planteamiento de las propuestas se toma en cuenta las posibilidades geométricas, con el acomodo interno genérico planteado en las figuras 46 y 47 de la página anterior.

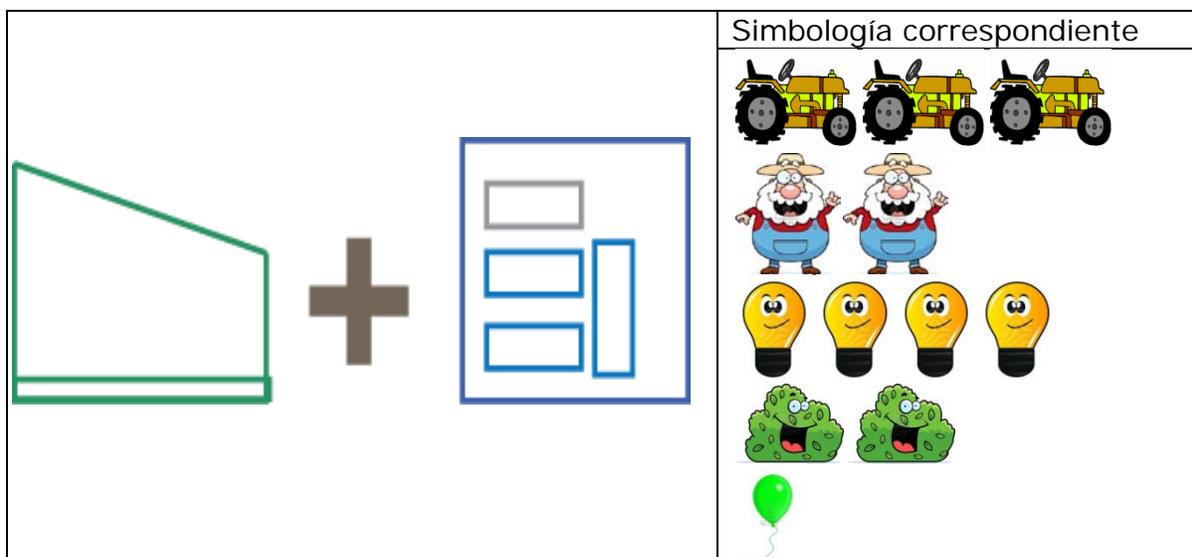
Además se tomarán en cuenta el empleo de maquinaria pesada (),

requerimiento de personal (), cargo energético (), cantidad de

cultivos () y la posibilidad de crecimiento ().

Tomándose la simbología como 1 = poco, 2=medio, 3= requerida y 4= indispensable.

5.1 Propuesta 1



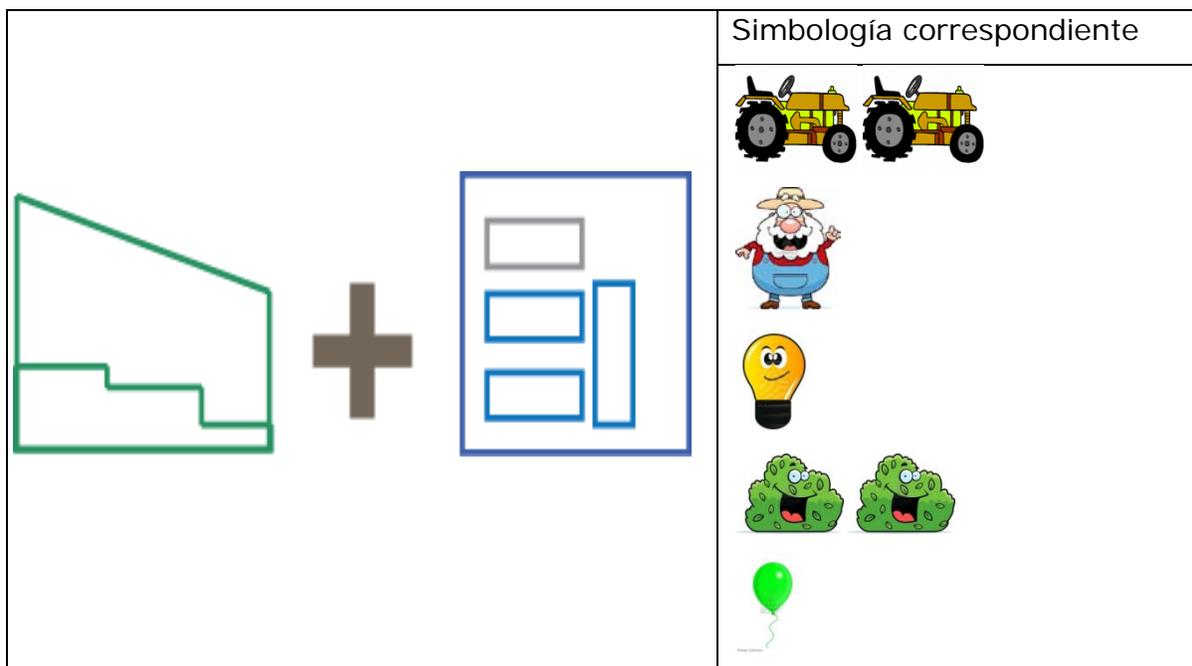
Características:

- ♣ Desagüe a un agua.
- ♣ Sistema de acomodo interno mixto.
- ♣ Geometría perimetral, cuadrada.
- ♣ Manejo del suelo a superficie plana.
- ♣ Circulación de agua por bombeo.
- ♣ Capacidad de 4 estructuras de cultivo.

Resumen de simbología:

Se requiere del empleo de maquinaria pesada para la manipulación del terreno, el personal debe estar calificado para la tarea, la energía eléctrica es indispensable para el sistema de bombeo, los cultivos a cosechar son los mínimos, por el espacio y las posibilidades de crecimiento son pocas.

5.2 Propuesta 2



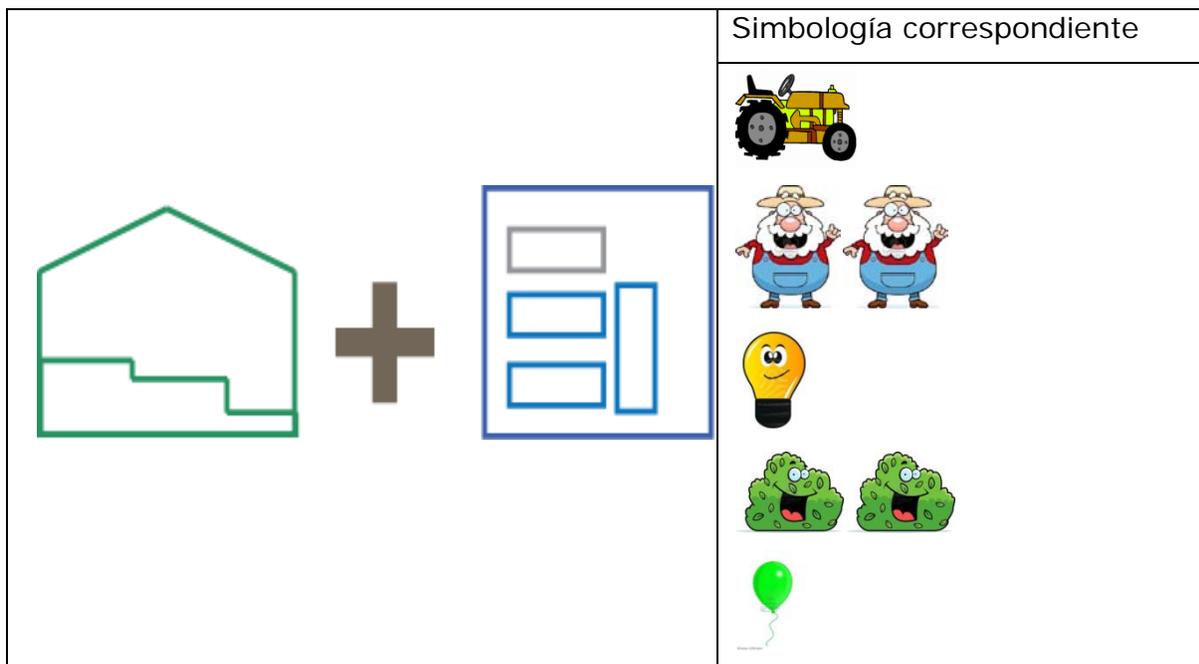
Características:

- ♣ Desagüe a un agua.
- ♣ Sistema de acomodo interno mixto.
- ♣ Geometría perimetral, cuadrada.
- ♣ Circulación de agua por gravedad.
- ♣ Manejo del suelo en terrazas.
- ♣ Capacidad de acomodo de 4 estructuras de cultivo.

Resumen de la simbología:

En este caso no se requiere del empleo de maquinaria pesada para la manipulación del terreno, el personal no debe estar calificado de forma especializada, la energía eléctrica es dispensable pues no se emplea el sistema de bombeo, los cultivos a cosechar son los mínimos, por el espacio y las posibilidades de crecimiento son pocas.

5.3 Propuesta 3



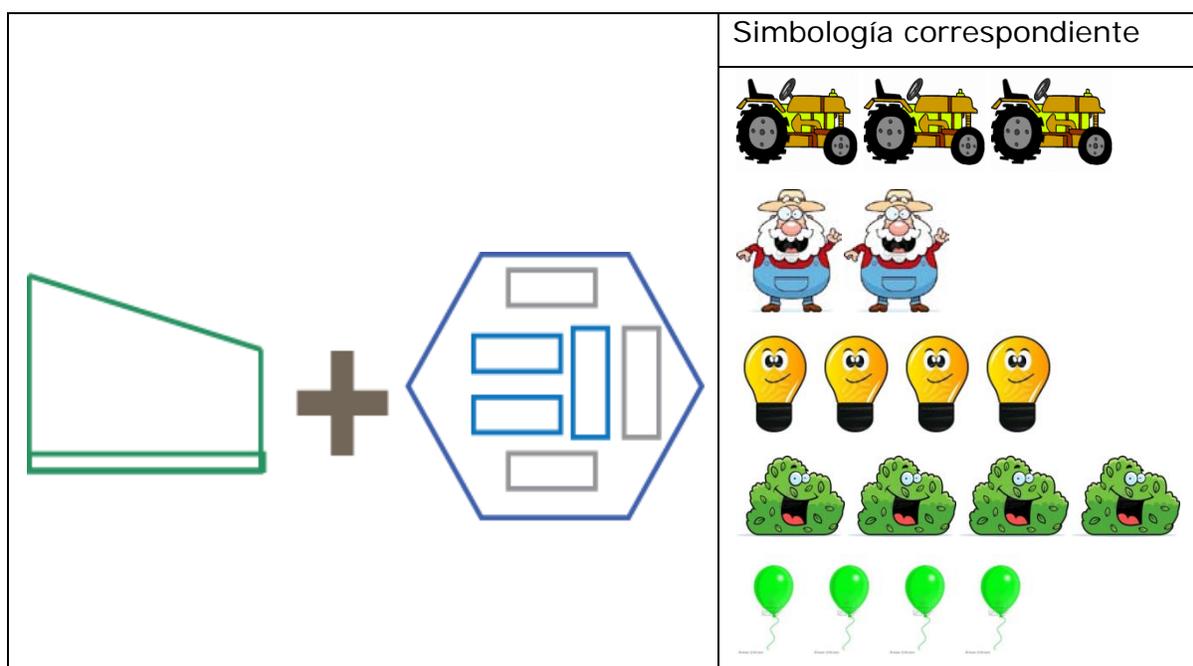
Características:

- ♣ Desagüe a dos aguas.
- ♣ Sistema de acomodo interno mixto.
- ♣ Geometría perimetral cuadrada.
- ♣ Manejo del suelo en terrazas.
- ♣ Circulación de agua por gravedad.
- ♣ Capacidad de acomodo de 4 estructuras de cultivo.

Resumen de la simbología:

En este caso no se requiere del empleo de maquinaria pesada para la manipulación del terreno, el personal debe estar semi calificado más que todo en el proceso constructivo, la energía eléctrica es dispensable pues no se emplea el sistema de bombeo; el agua se mueve por gravedad, los cultivos a cosechar son los mínimos, por el espacio y las posibilidades de crecimiento son pocas.

5.4 Propuesta 4



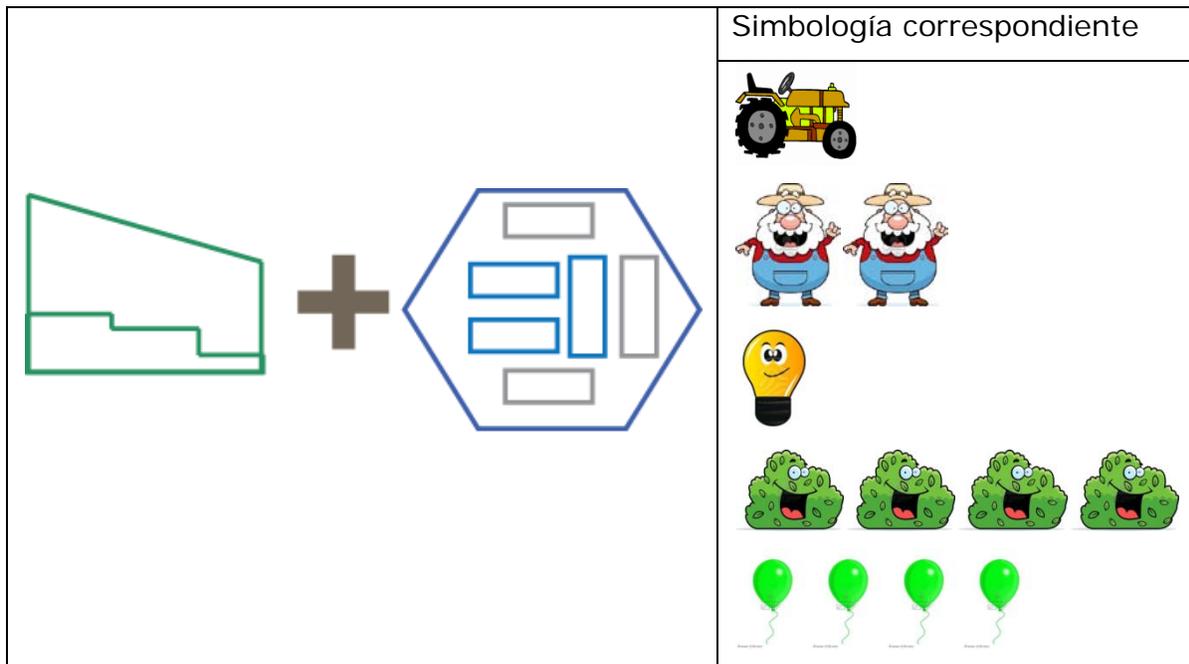
Características:

- ♣ Desagüe a un agua.
- ♣ Sistema de acomodo interno mixto.
- ♣ Estructura perimetral hexagonal.
- ♣ Manejo del suelo en estructura plana.
- ♣ Circulación de agua por bombeo.
- ♣ Capacidad de acomodo de 6 estructuras de cultivo.

Resumen de la simbología:

El empleo de maquinaria pesada para la manipulación del terreno es importante, el personal debe estar semi calificado más que todo en el proceso constructivo, la energía eléctrica es indispensable pues se emplea el sistema de bombeo, los cultivos a cosechar son los planteados por la empresa y las posibilidades de crecimiento son muchas, en todas direcciones.

5.5 Propuesta 5



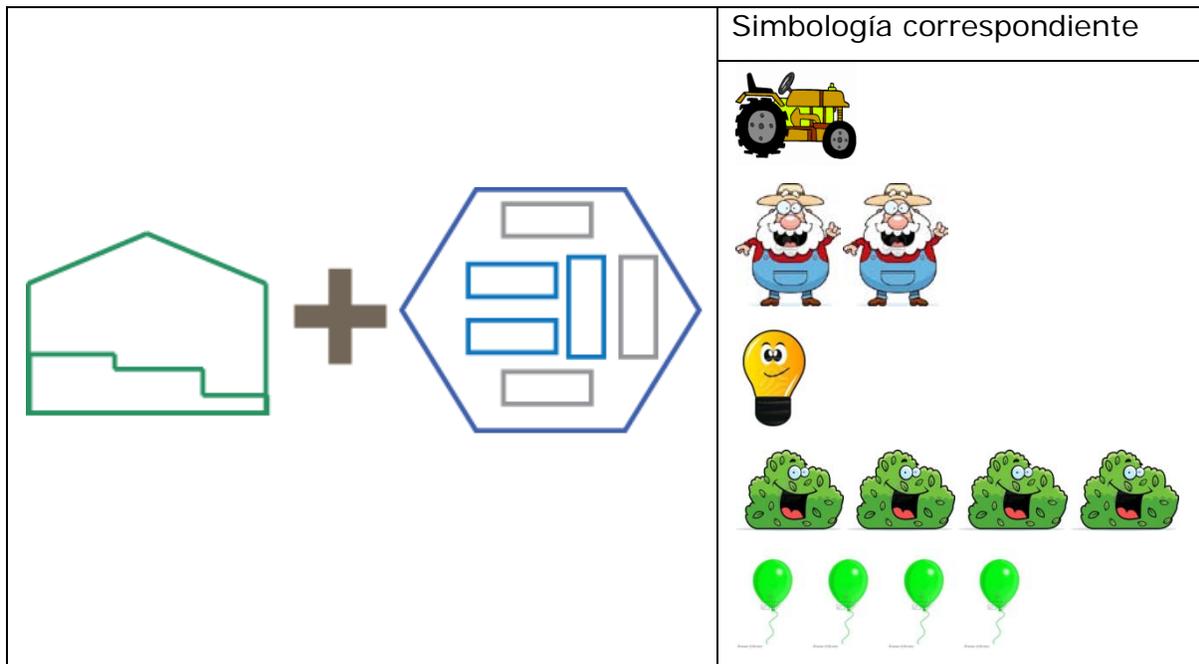
Características:

- ♣ Desagüe a un agua.
- ♣ Sistema de acomodo interno mixto.
- ♣ Estructura perimetral hexagonal.
- ♣ Circulación de agua por gravedad.
- ♣ Manejo del suelo en terrazas.
- ♣ Capacidad de acomodo de 6 estructuras de cultivo.

Resumen de la simbología:

El empleo de maquinaria pesada para la manipulación del terreno no es importante, el personal debe estar semi calificado más que todo en el proceso constructivo, la energía eléctrica no es indispensable pues se emplea el sistema de movimiento por gravedad, los cultivos a cosechar son los planteados por la empresa y las posibilidades de crecimiento son muchas, en todas direcciones.

5.6 Propuesta 6



Características:

- ♣ Desagüe a dos aguas.
- ♣ Circulación de agua por gravedad.
- ♣ Sistema de acomodo interno mixto.
- ♣ Estructura perimetral hexagonal.
- ♣ Manejo del suelo en terrazas.
- ♣ Capacidad de acomodo de 6 estructuras de cultivo.

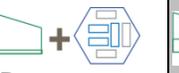
Resumen de la simbología:

El empleo de maquinaria pesada para la manipulación del terreno no es importante, el personal debe estar semi calificado más que todo en el proceso constructivo, la energía eléctrica no es indispensable pues se emplea el sistema de movimiento por gravedad, los cultivos a cosechar son los planteados por la empresa y las posibilidades de crecimiento son muchas, en todas direcciones.

5.6 Selección de propuestas

Se otorga un valor del 1 al 5 (de menor a mayor importancia), para el peso relativo de cada cualidad en la escogencia de la propuesta.

Tabla 18 Evaluación de las variaciones de propuesta.

		 + 	 + 	 + 	 + 	 + 	 + 						
		Propuesta	Propuesta	Propuesta	Propuesta	Propuesta	Propuesta						
		1	2	3	4	5	6						
Fácil construcción	5	4	20	4	20	3	15	4	20	4	20	3	15
Fácil mantenimiento	4	4	16	4	16	4	16	3	12	3	12	3	12
Crecimiento múltiple	5	2	10	2	10	2	10	5	25	5	25	5	25
Acomodo interno	4	3	12	3	12	3	12	4	16	4	16	4	16
Simplicidad de manejo del terreno	3	1	3	3	9	3	9	1	3	3	9	3	9
TOTALES		14	61	16	67	15	62	17	76	19	82	18	77

Nota:

Se presenta la variante con respecto al suelo, de que tanto la estructura del invernadero como la estructura portante de los cultivos, puedan ser niveladas, de forma manual según el terreno. Esto por detalles planteados por los encargados. Es por este motivo que en la propuesta final se trabaja un sobre dimensionado en las distancias de altura de las estructuras, debido a la intención de poder incrustarlas en el suelo, para brindarles nivel e indirectamente estabilidad y resistencia.

Tabla 19 Selección de la distribución adecuada de las camas.

Tipo de distribución	Cantidad de camas	Espacio útil de cultivo	Observaciones
Rectangular a dos pisos	9	6.5 m ²	Las camas a dos pisos se generan sobra entre sí, lo cual puede perjudicar los cultivos. Elevada cantidad de partes y ensambles.
Hexagonal a un piso	1	9.7 m ²	Un solo piso, fácil acceso, menor cantidad de piezas y facilidad de acceso.

6. DELLATALADO DE LA PROPUESTA FINAL

6.1 Construcción

Piezas separadas individuales que conforman la estructura, se ensamblan mediante presión. La tensión externa se trabaja mediante cables de acero que unen la estructura al suelo.

6.1.1 Ensamble de la estructura

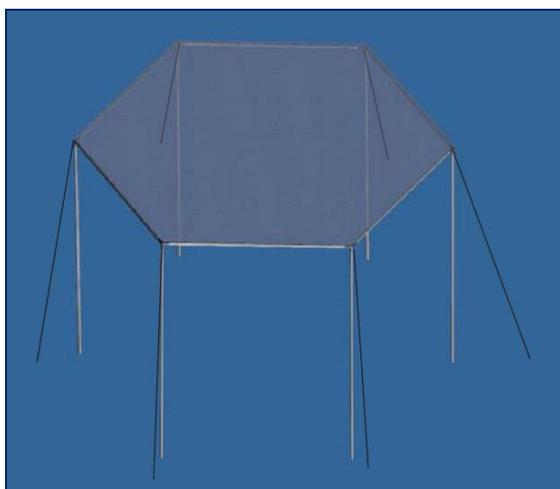


Figura 54 Anclaje de la estructura unitaria al suelo.

Se puede observar la posición de los cables que sostienen la unidad y los cuales se encuentra sujeta la estructura que conforma el techo o parte superior del mantedado, dicho sector se encuentra fabricado con sarán negro.

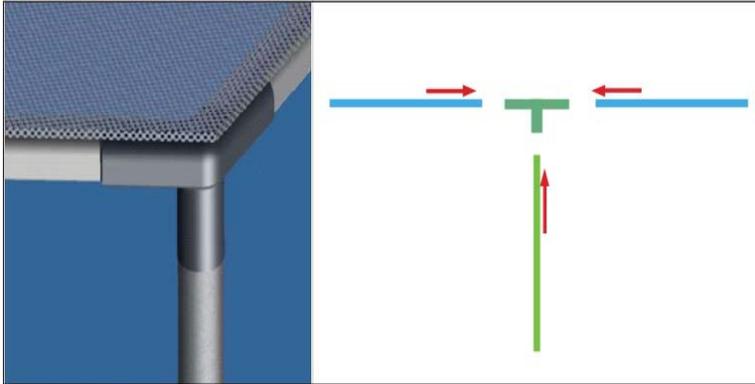


Figura 55 Ensamblaje de la estructura perimetral

A nivel estructural se cuenta con seis codos los cuales sostienen las vigas tanto para el techo como para la estructura lateral de cada unidad.

En lo que respecta a las uniones de los "codos",

se cuenta con la intersección a 120° para dar la forma correspondiente al hexágono que define el área total, y una intersección a 90° con las patas de la estructura para dar el alto correspondiente a la estructura.

6.1.2 Dimensiones de la estructura.

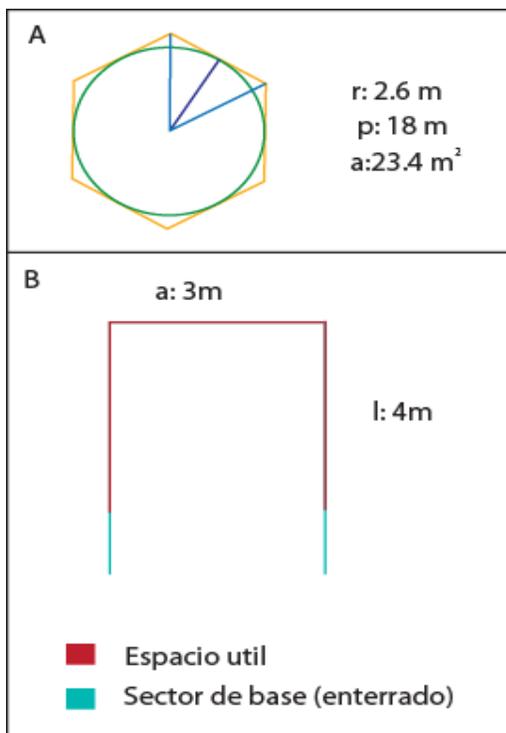


Figura 56 A. dimensiones de las estructuras superiores, B. dimensiones de estructuras laterales

En la parte A de la figura adjunta se pueden observar las dimensiones generales de la estructura. Tomando en cuenta que el área disponible inicialmente para el proyecto es de 100 m², se requiere de la fabricación de 4 módulos.

En la parte B del diagrama se puede observar la longitud y la altura de las caras de la estructura. Los paralelos verticales cuentan con un metro de longitud adicional a los 3 metros de altura requeridos por la estructura, esto para tener este espacio clavado en la tierra, lo cual junto con los cables de acero se encargan de dar estabilidad a la estructura contra los vientos y la lluvia propia de la zona.

Además permite generar la inclinación de desagüe adecuada variando la distancia de base enterrada con la inclinación del terreno donde se va a colocar.

El crecimiento se puede dar en cualquiera de las seis caras de la estructura como se muestra en la figura 48 (página 81), donde se establece la geometría hexagonal como la adecuada para el módulo.

6.1.3 Acomodo interno

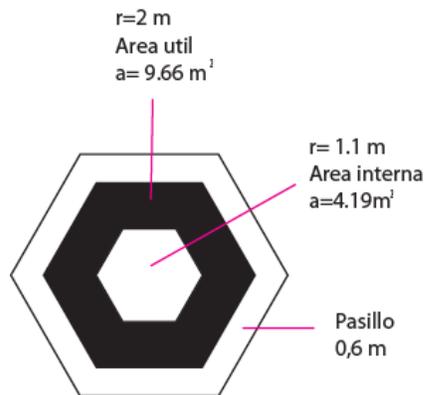


Figura 57 Distribución de cultivos en el interior

Al plantearse la estructura inicial como un conjunto de módulos iniciales se plantea la distribución de los sistemas de riego y cultivo de forma individual para brindar un único sistema, por módulo independiente de falla en caso de mantenimiento o cese de producción.

Cada módulo va a contar con un gran conjunto de camas, los cuales se encuentran distribuidos en la parte

central del módulo, la distribución permite al usuario tener acceso a cualquier planta del cultivo y presenta un área cultivable de $9,66\text{ m}^2$.

Se tendrá un módulo con camas – semillero, y los otros tres para trasplante de las plántulas en condiciones adecuadas.

6.1.3.1 Cultivos

Los cultivos se encuentran localizados en “semilleros” donde se depositan las semillas y son regadas con los nutrientes para su adecuado crecimiento, hasta que cuentan con tres pares de hojas verdaderas y son trasplantadas a las camas definitivas donde se terminarán de desarrollar hasta su recolección.

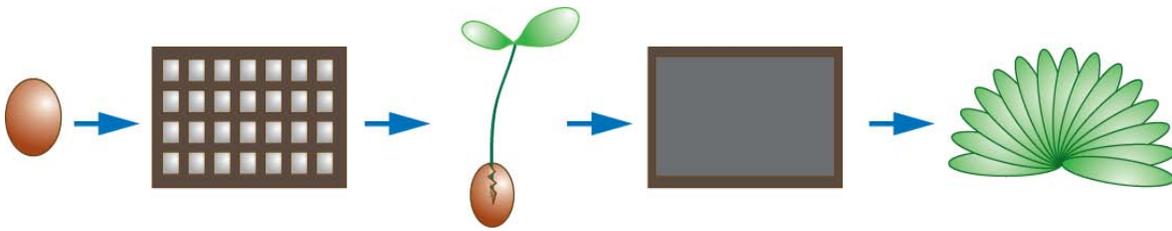


Figura 58 Proceso de siembra de los cultivos

Los semilleros se encuentran localizados en una de las estructuras de invernadero, la colocación de las bandejas, el riego correspondiente y el cuidado es prácticamente el mismo que tienen todas las plantas.

6.1.3.2 Nutrientes

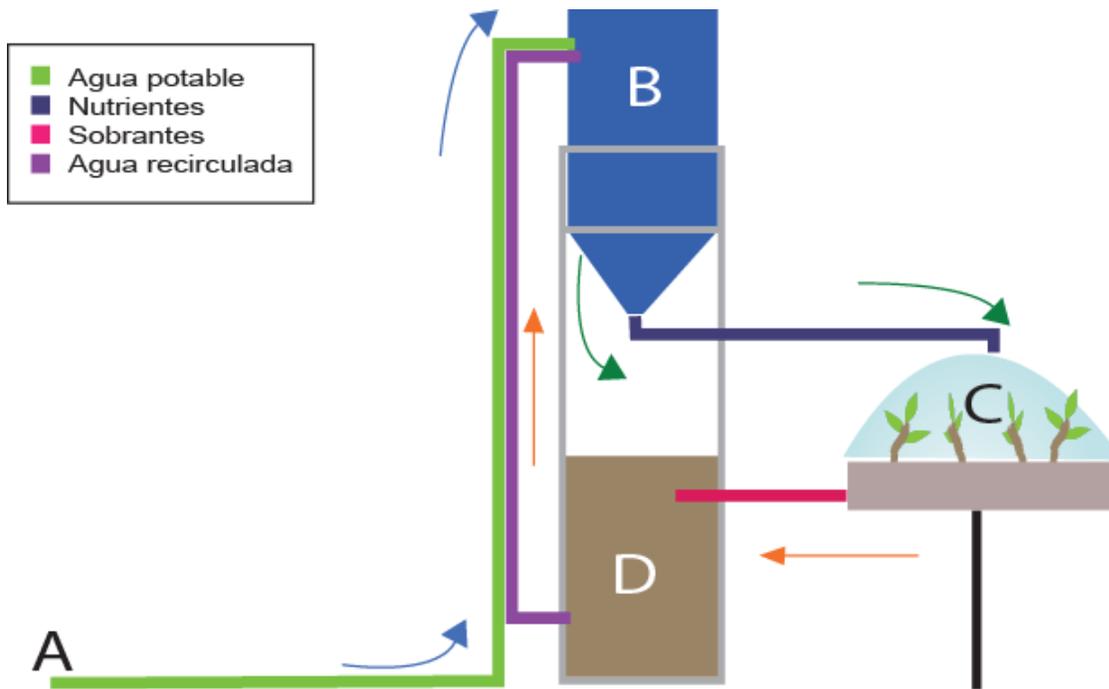


Figura 59 Manejo de los nutrientes

Las soluciones correspondientes a los nutrientes se encuentran diluidas en el agua se va a dirigir hacia el cultivo. Y se va circular por el sistema de riego por aspersión que se plantea para el cultivo.

Los nutrientes que se encuentran listos dentro de un tanque (B), que ha sido previamente abastecido por el conducto de agua del terreno (A), van a ser circulados por los conductos de riego, para distribuirse en todo el cultivo mediante los aspersores (C).

Las aguas de rebalse del sistema van a ser recolectadas en otro tanque (D) para su posterior bombeo y recirculación por el sistema.

6.1.4 Materiales de la estructura.

La empresa Centro para el Desarrollo Biociencia S.A. es importador del material de cobertor para la estructura. Sarán al 50% de sombra. Los efectos del sol directo en las plantas resultan en quemaduras de hojas y frutos, la ausencia de luz por su parte genera excesos de humedad y pudrición debida a hongos en todo el cultivo.



Figura 60 Estructura de invernadero con Sarán

Debido a las condiciones de luz que presenta el terreno, por pruebas realizadas con anterioridad, se determina que el nivel de sombra adecuado para el invernadero es del 50%.

Por su parte el material presenta una vida útil de 10 años, se encuentra fabricado con fibra de nylon y es color negro (el material verde, no genera los mismos resultados).

En lo que respecta a la estructura portante, la empresa Abonos Agro S.A. cuenta con toda una gama de productos metálicos que pueden ser empleados para la construcción de la estructura. Siendo el material seleccionado, tubo galvanizado de $\frac{3}{4}$ ". En lo que respecta a los codos deben ser fabricados por un taller de soldadura especialmente para la estructura del diseño.



Figura 61 Tubos galvanizados a emplear

En la figura 55 se pueden apreciar los tipos de tubos que se planea utilizar para la fabricación de las estructuras, el tubo circular (derecha) es el requerido para la estructura del techo y patas generales del módulo. Por su parte el tubo rectángulas (izquierda) va a ser empleado en la fabricación de las bases para la colocación de las camas de los cultivos.

Se opta por el tubo galvanizado, debido a que su cubierta de zinc, lo protege de los ambientes húmedos y alcalinos como lo es el del sitio a colocar la estructura, además debido a su peso (1,5 kg/m) soporta los embates del viento, las cargas de la estructura y permite generar mayor estabilidad.

Las camas llevan una cubierta de plástico tratado especialmente para agricultura, y un sobre forro con los orificios en la parte superior para evitar la evaporación del sustrato diluido debido al calor.

6.2 Riego

En el país empresas como Hidro Plant y Rotoplas, cuenta con una gama de productos adecuados para la implementación del sistema de riego que se desea realizar.

Las partes que conforman dicho sistema son:

Tabla 20 Sistema de riego

Pieza	Descripción	Imagen
Aspersores	<p>Permite el riego uniforme Sistema anti despiece horizontal Elevada resistencia Vida útil 5 años Radio de alcance 1,5 m</p>	
Tanque	<p>Permite el almacenamiento del líquido tanto antes como después de su circulación por el sistema Capacidad de 400 litros en adelante.</p>	
Manguera	<p>Manguera para micro aspersores Con sus respectivos codos para instalación en red Disponibles en 3/4" y 1/2" Especialmente fabricados para riego por aspersión</p>	

<p>Bomba</p>	<p>Potencia 1HP Estructura de hierro fundido y acero inoxidable, resistente a químicos Silencioso y de bajo mantenimiento</p>	
<p>Filtro</p>	<p>Mediante un sistema de maya, permite el filtro de sustancias y elementos contaminantes presentes en el líquido Capacidad para caudales de hasta 20 m³/h</p>	
<p>Dosificador</p>	<p>Pesa 1,58 kg Tiene un sistema que dosifica la solución directamente en el agua Capacidad de hasta 2500 l/h Hay diversos modelos según la dosificación y el caudal Requiere una unión a tubería de 3/4"</p>	

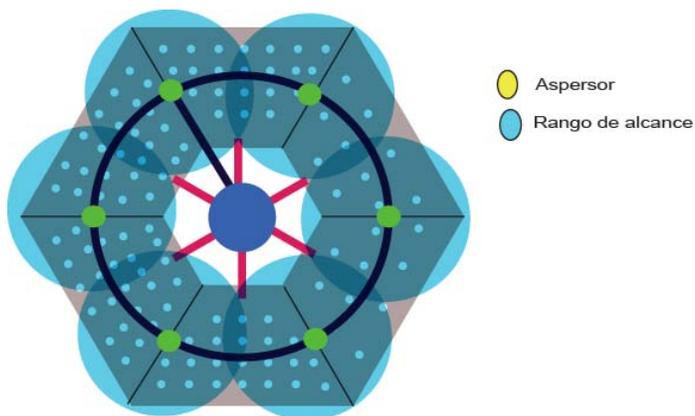


Figura 62 Colocación de los aspersores para el riego

En lo que respecta a los aspersores estos se colocan en dirección a las esquenas del hexágono, par que debido al traslape de caudal la totalidad de las plantas recibirían los nutrientes que corresponden a su sector del cultivo. Teniendo el resto del sistema colocado en la parte central del módulo.

6.3 Cultivo

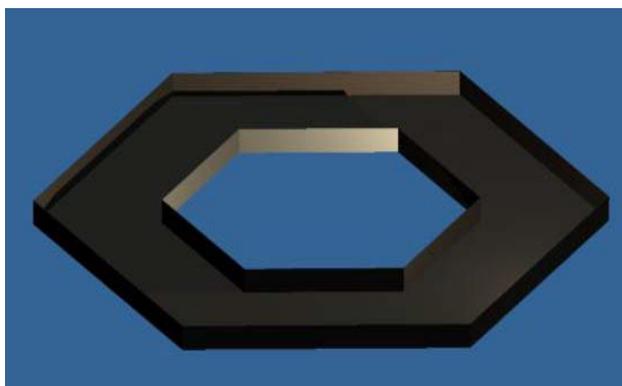


Figura 63 Geometría de cama a emplear

El cultivo se va a realizar en un sistema de camas comunes, se cuenta con la presencia de un módulo de camas por cada estructura hexagonal. Cada módulo cuenta con un único nivel de cultivo, por la cantidad de luz disponible en la zona y los requerimientos de los cultivos en lo que respecta a la

misma, no habrá ningún problema por sombra generada en la estructura o por las mismas plantas. Eliminando así el crecimiento irregular del cultivo debido a la competencia por iluminación.

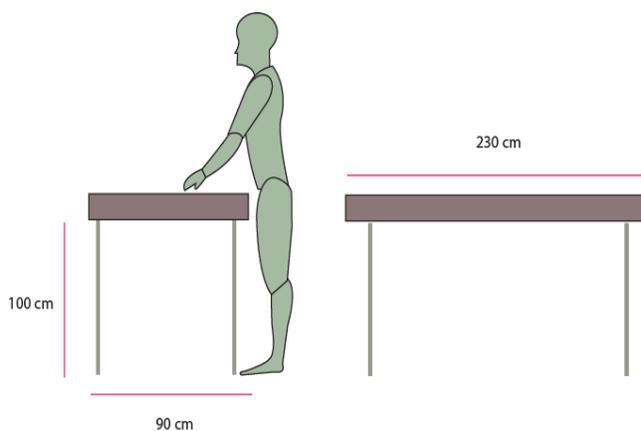


Figura 64 Dimensiones de las camas

Para la estructura del cultivo las alturas y alcances han sido pensados para que el usuario con movimientos simples y ergonómicos se tenga acceso a todas las plantas del cultivo.

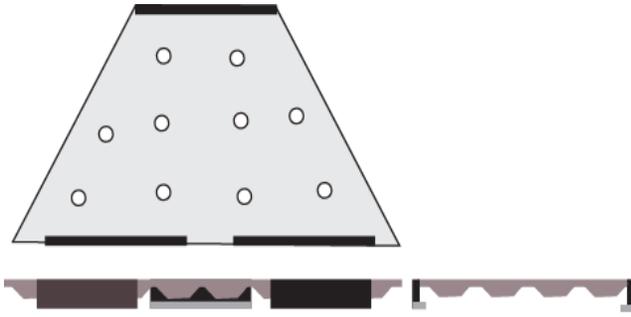


Figura 65 Cobertor de las camas

Según el cultivo varían las distancias a las que se deben colocar las plántulas. Por lo que los cobertores poseen los orificios a las distancias específicas para los cultivos que se desean desarrollar.

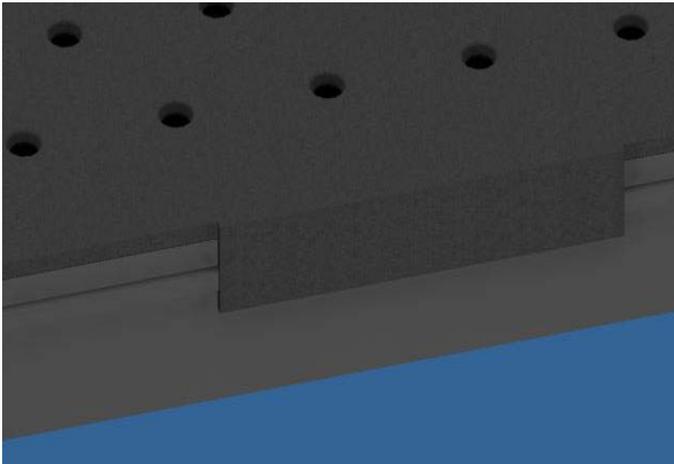


Figura 66 Ensamble de la bandeja y el cobertor

Cuenta con tres soportes que permiten la sujeción de la pieza en el borde de la bandeja. Siendo cada cobertor del tamaño de uno de los sectores del hexágono que conforma la totalidad de la cama. Esto con el fin de poder generar variedad de cultivos bajo una única estructura, según la preferencia o necesidad del usuario.

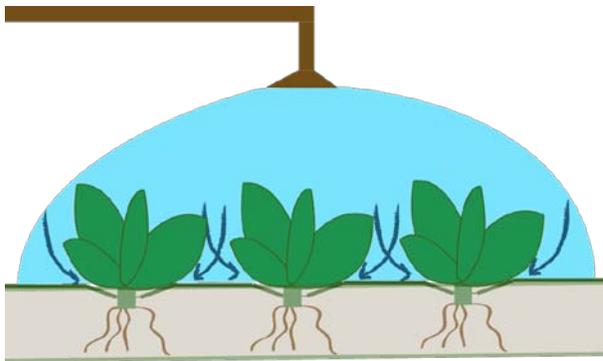
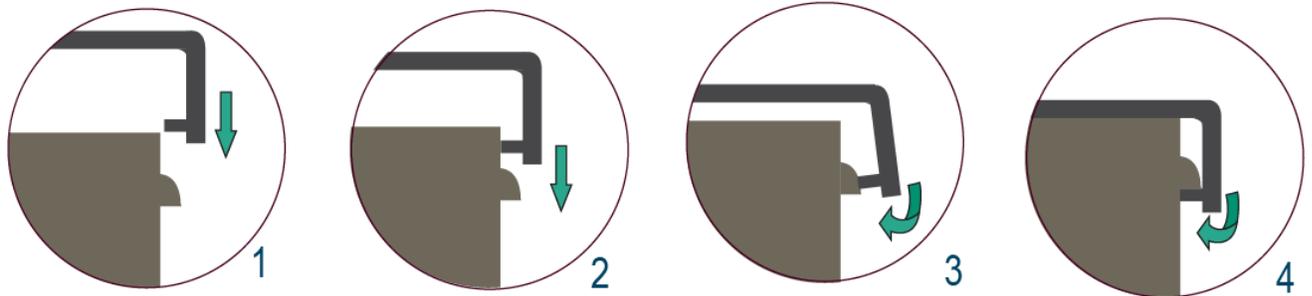


Figura 67 Movimiento de la solución al interior de la bandeja

Los orificios de la estructura permiten que el agua con solución de nutrientes que se le riega al cultivo, sean encausada en los sectores donde se encuentran localizadas las raíces de las plantas. Esto con el fin de dirigir los nutrientes a los sectores de la bandeja donde se encuentran específicamente las plantas.

Cómo colocar el cobertor de la bandeja?



Cómo retirar el cobertor de la bandeja?

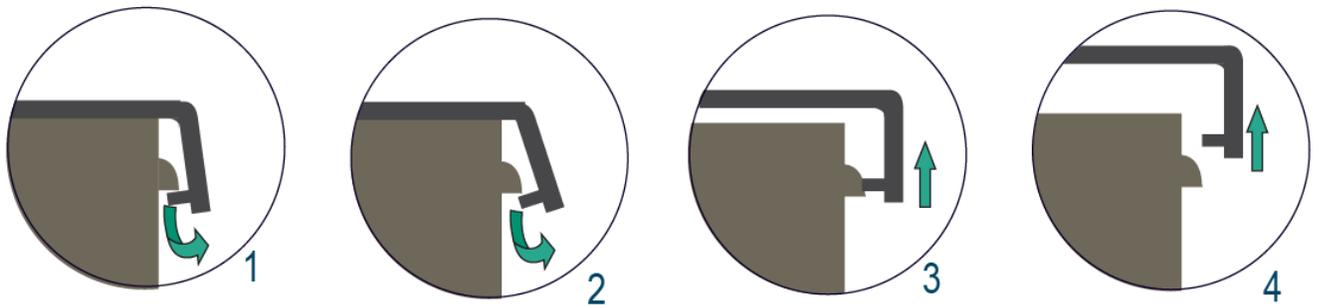


Figura 68 Diagrama de uso del cobertor

Como se había mencionado con anterioridad en el detalle del cultivo, cada sector del hexágono que conforma la bandeja del cultivo, cuenta con un cobertor, el cual presenta la ventaja de mantener las hojas de la planta lejos del sustrato y dirigir el agua hacia las raíces como se diagramó en la figura 62 (página anterior).

En lo que respecta la colocación y cambio del cobertor, se muestra en el diagrama de la figura 63, el proceso correspondiente. Las fuerzas a las que es sujeto el cobertor estando en uso son mínimas por lo que el ensamble a presión, no requiere de mayor esfuerzo para poder intercambiar el cobertor.

Para su colocación basta con hacer entrar las piezas de soporte del cobertor en la superficie presente en los costados de la bandeja. Por su parte para retirar el cobertor de la bandeja, simplemente se debe generar una pequeña palanca para liberar el soporte (como se muestra en los pasos 1 y 2 del diagrama) y una vez logrado esto se retira el cobertor, ya sea para cambiarlo o para cambiar el sustrato del cultivo.

6.4 Ventilación

El material del que se fabricará el cobertor de la estructura (sarán al 50%), permite el paso de aire a través del mismo, sin permitir el ingreso de insectos al área interna donde se desarrollará el cultivo; la estructura completa permitirá el paso del viento a través de la misma.

Debido al clima húmedo – cálido de la zona, una ventilación constante permite el control de hongos.

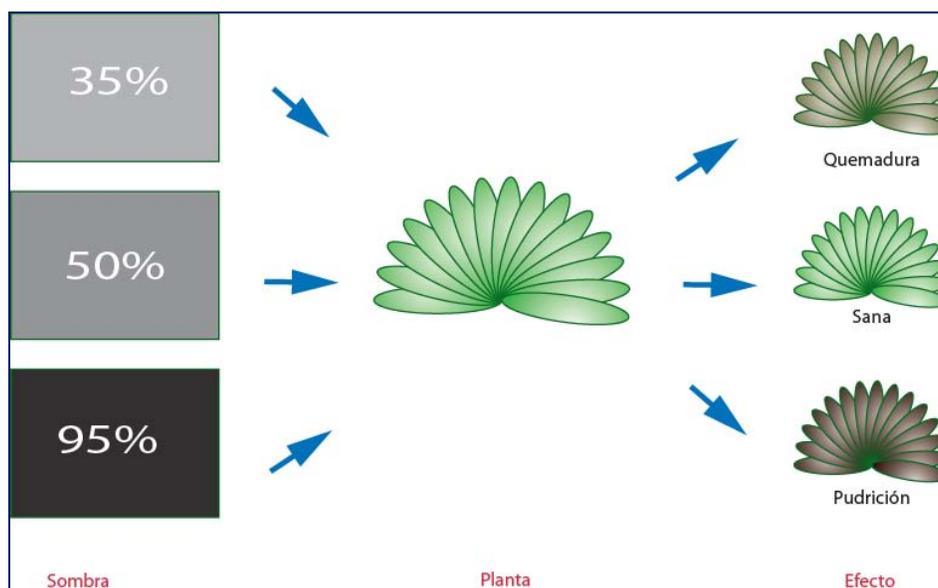


Figura 69 Efectos de la sombra dada por la estructura sobre las plantas en el interior

7. Planos de la estructura

Los planos de las estructuras se encuentran dados en milímetros y fueron creados en Autodesk Inventor 2008.

7.1 Estructura del invernadero

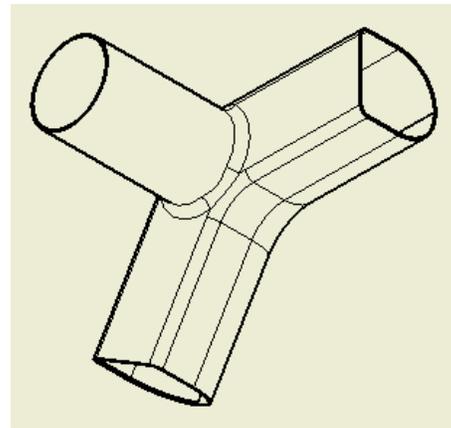
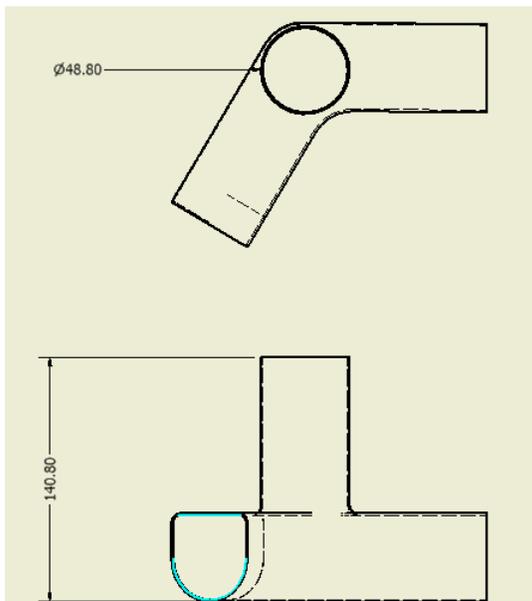


Figura 70 Vistas del codo que une el invernadero

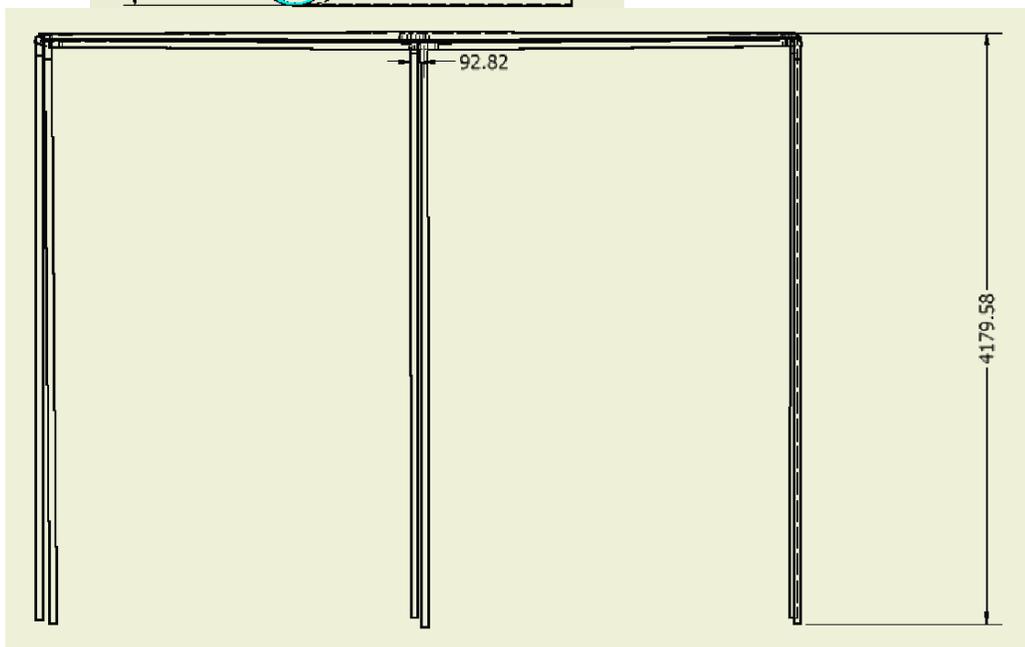


Figura 71 Vista lateral del invernadero

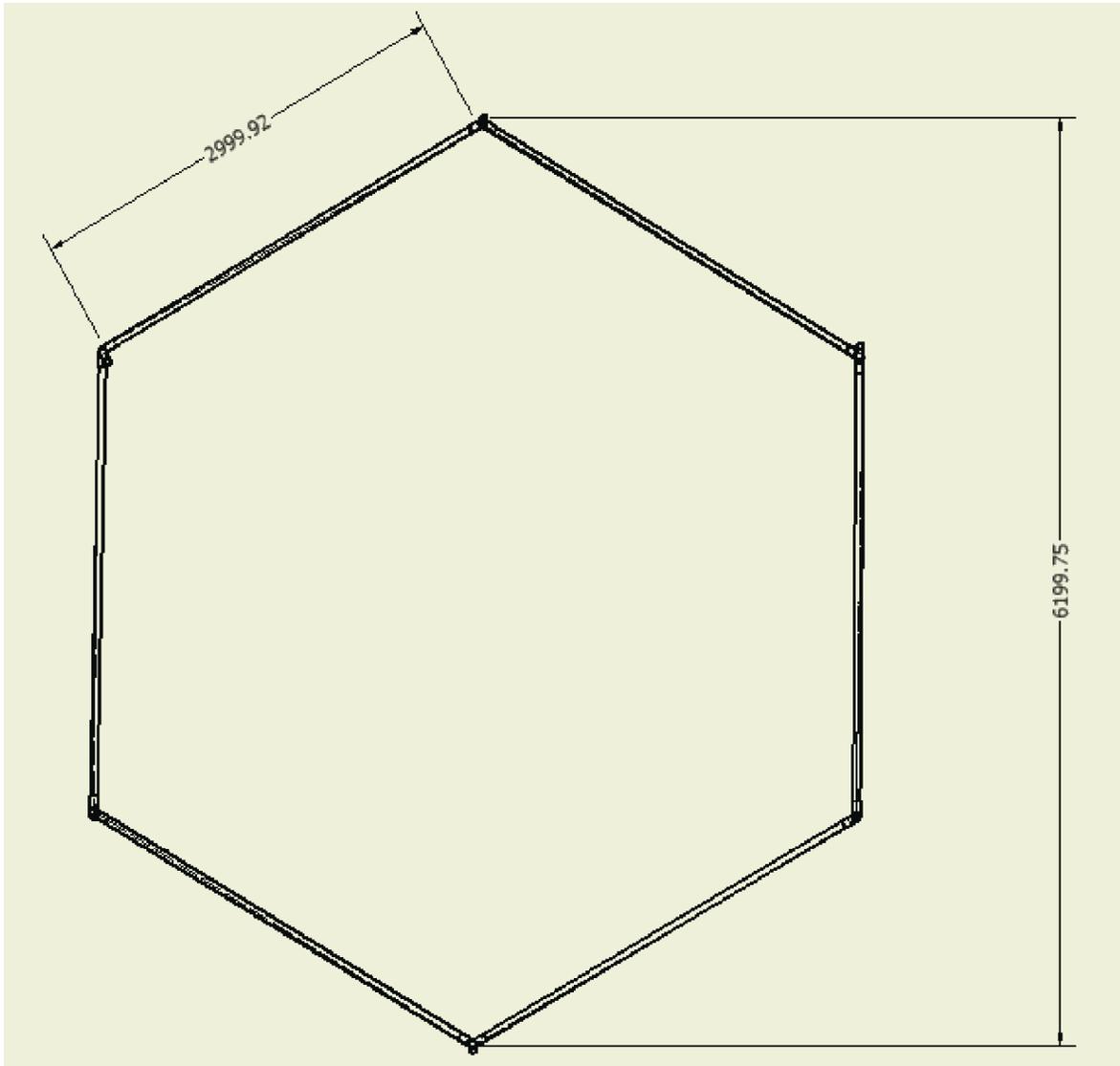


Figura 72 Vista Superior del invernadero

Tabla 21 Listado de piezas de la estructura externa

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	6	codo	Soldadura de tubo galvanizado
2	6	tubo superior	Acero Galvanizado 3/4"
3	6	tubo pata	Acero Galvanizado 1/5"
4	1	techo	Sarán al 50%

7.2 Estructura de cultivo

7.2.1 Bandeja

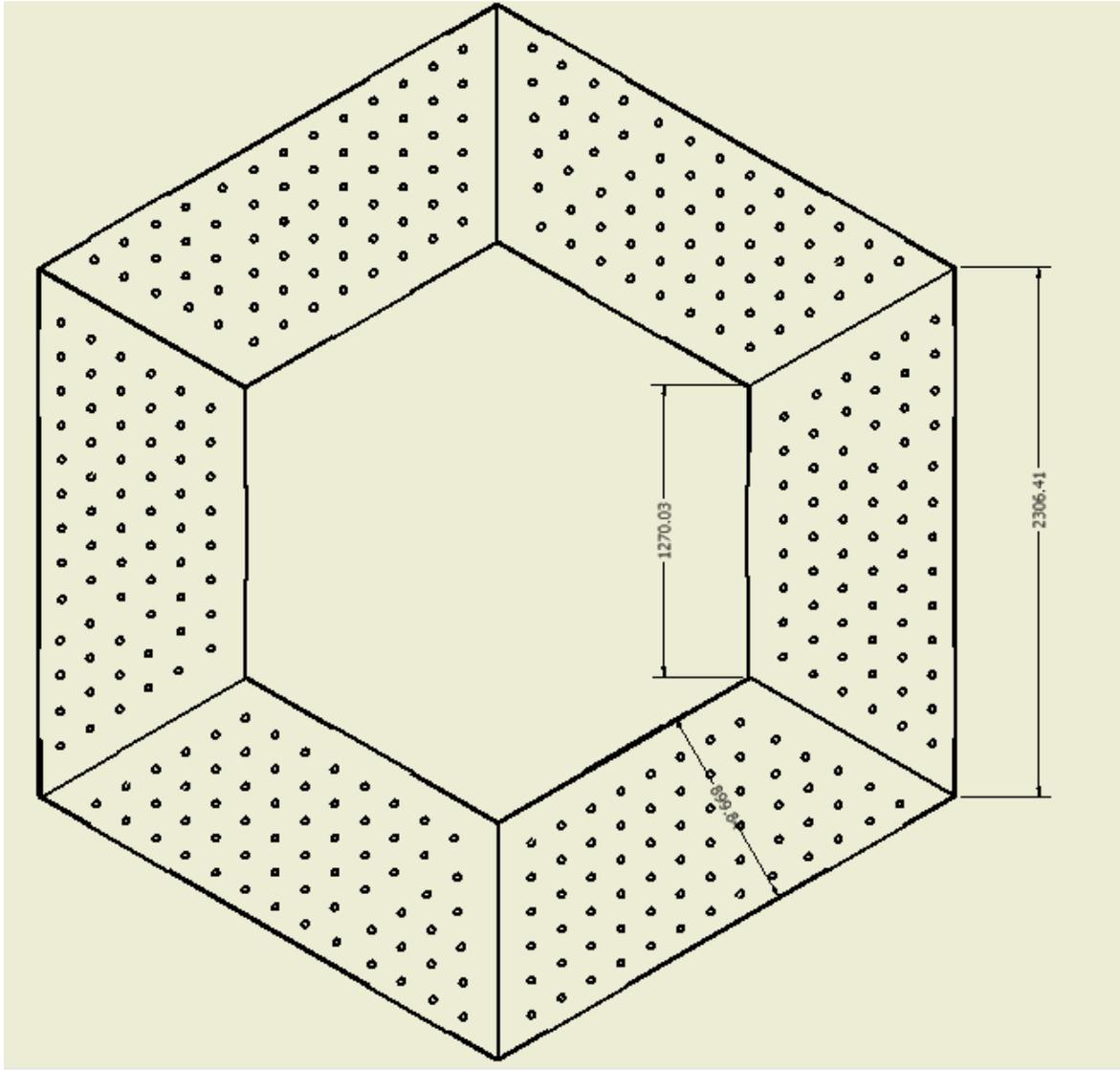


Figura 73 vista superior de la bandeja de cultivo

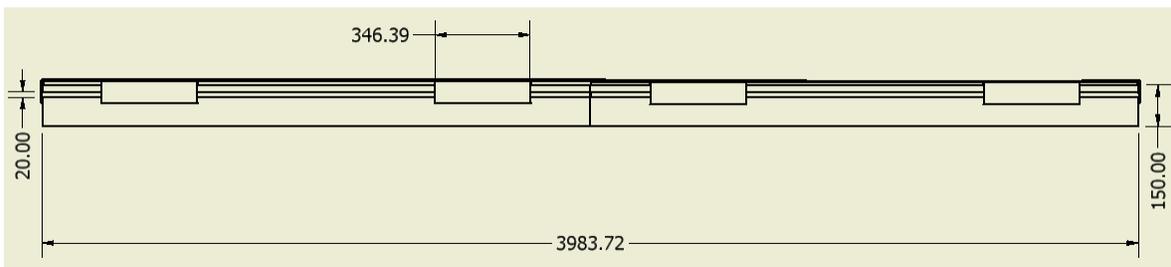


Figura 74 Vista lateral de la bandeja de cultivo

Tabla 22 Partes de la bandeja de hidroponía

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	bandeja	Polietileno
2	6	cobertor	Polietileno

7.2.2 Soporte

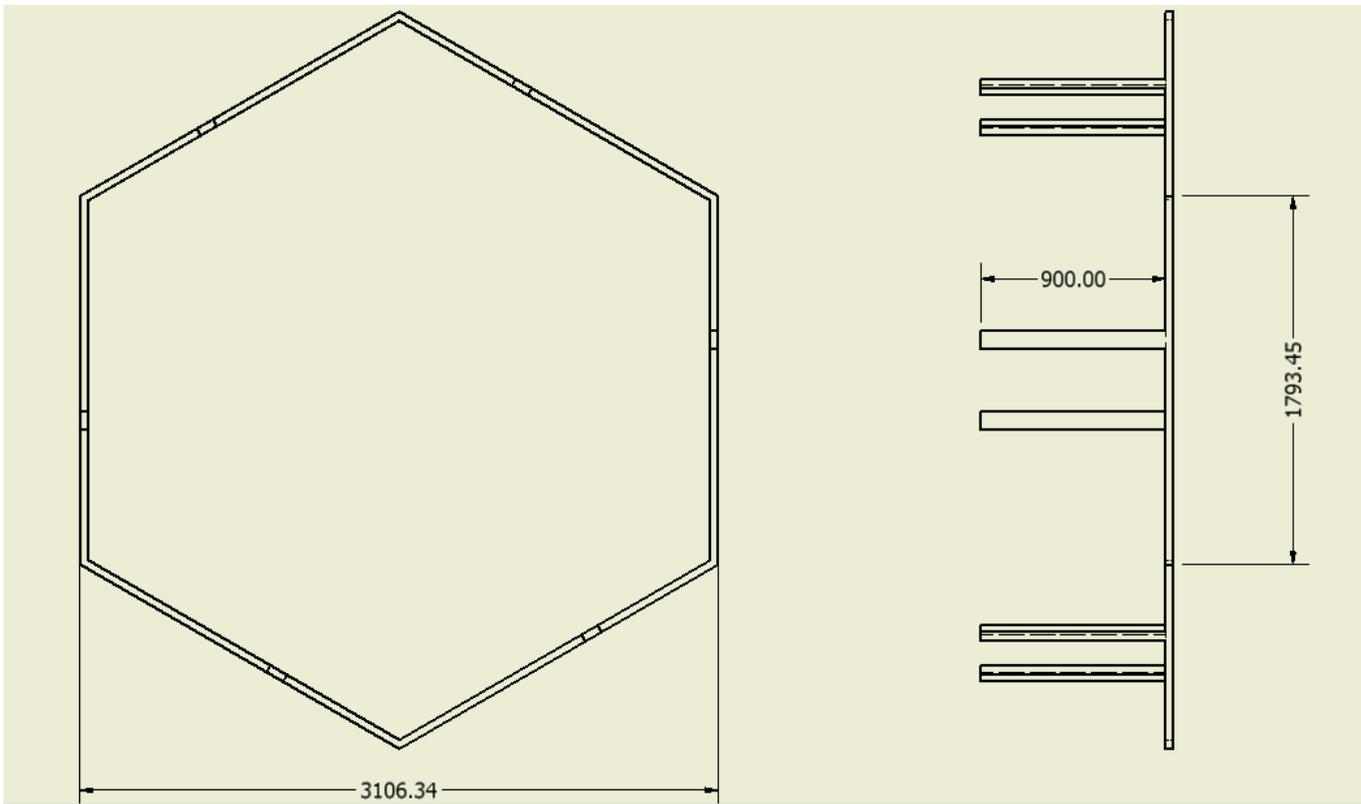


Figura 75 Vistas de la estructura de patas para la bandeja

7.2.3 Cobertores

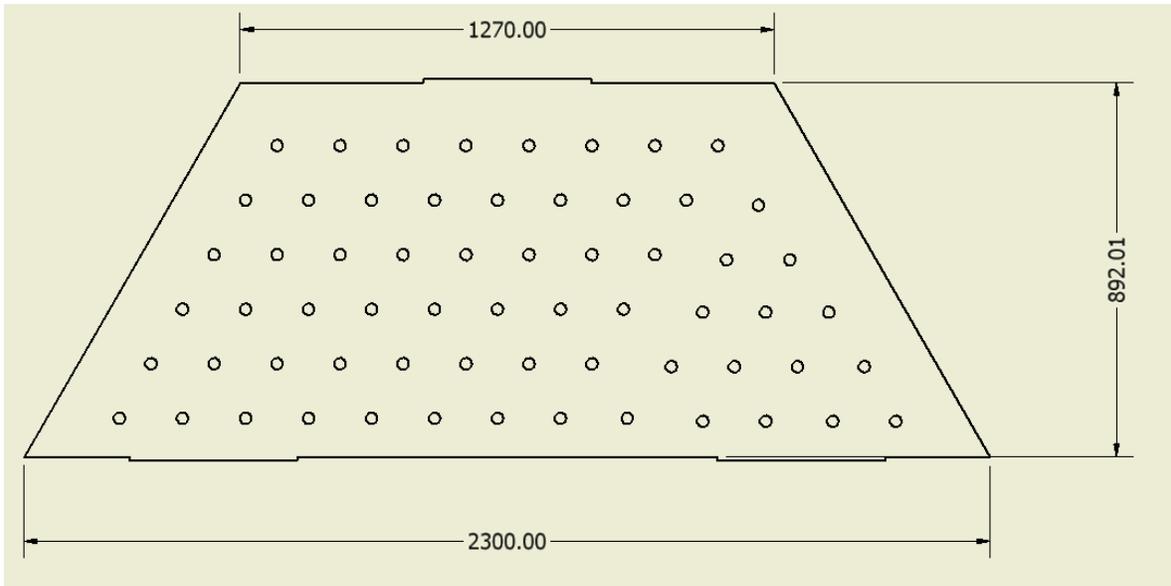


Figura 76 Vista superior del cobertor (agujeros varían según el cultivo)

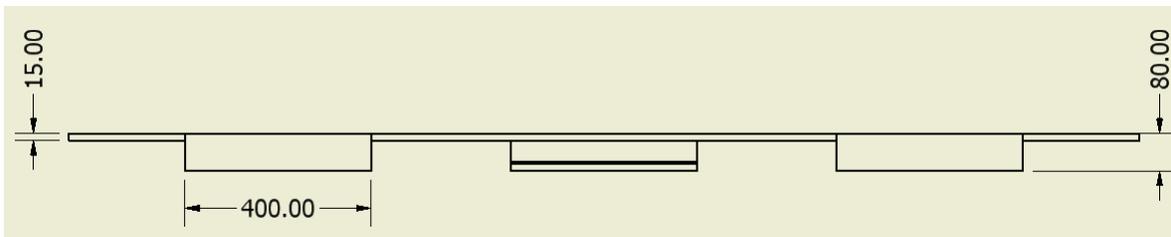


Figura 77 Vista lateral del cobertor

Tabla 23 Descripción del cobertor

Parts List			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	cobertor	Polietileno- distancia de hoyos depende del cultivo

Tabla 24 Despiece de los sistemas

Sistema	Pieza	Material	Cantidad
Estructura	Codo	Tubo Galvanizado ¾"	6 unidades *
	Tubo pata	Tubo Galvanizado ¾"	24 m lineales
	Tubo superior	Tubo Galvanizado ½"	18 m lineales
	Cobertor	Sarán al 50% sombra	80 m cuadrados
Riego	Soporte	Tubo Galvanizado ½"	20 m lineales *
	Tanques	Estañón	2
	Aspersores	Plástico	6
	Bomba	Varios	1
	Filtro	Varios	1
	Dosificador	Varios	1
Cultivo	Bandeja	Polietileno	1
	Soporte	Tubo Galvanizado	17 m lineales*
	Cobertores	Polietileno	6

*Son de fabricación propia las estructuras, requieren únicamente soldadura.

8. Ensamble de la estructura

8.1 Sistema de riego

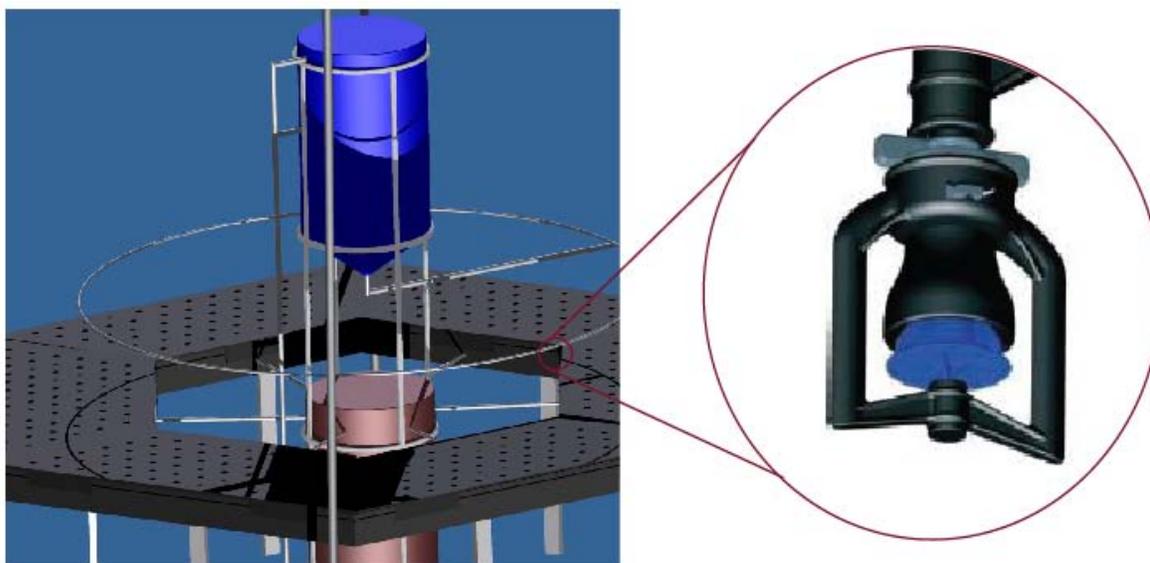


Figura 78 Vista del aspersor

Los aspersores van colocados en los orificios de la manguera conectada al tanque. El tanque de sustrato recibe el agua alimentada por el sistema de

acueducto de la finca y del agua residual del cultivo que sale del tanque de recolección.

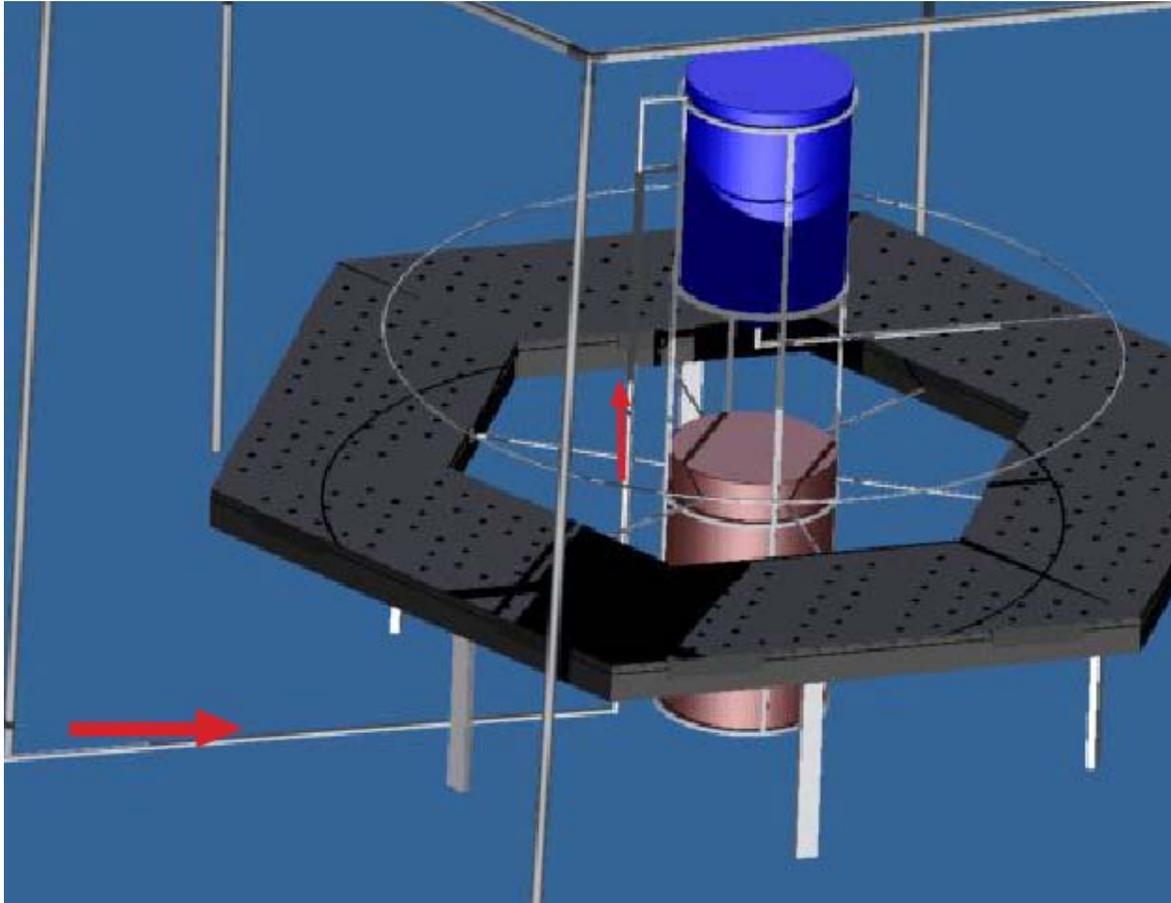
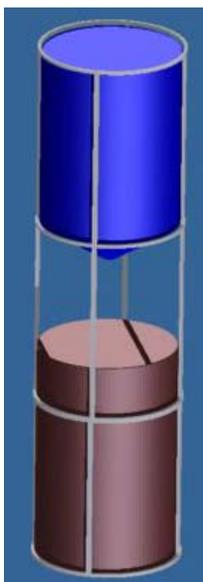


Figura 79 Alimentación del suministro de agua



En lo que respecta al montaje de los tanques de agua, la estructura portante es previamente soldada en tubo galvanizado de $\frac{1}{2}$ ". Esto debido al peso del agua. El tanque azul que se muestra en el diagrama es el correspondiente al almacenamiento de la solución de nutrientes, la cual por gravedad se distribuye por los conductos.

Por su parte el tanque inferior, es el de aguas sobrantes o de rebalse de la estructura, estas se recirculan por el sistema gracias a una bomba lo cual disminuye el gasto de agua.

Figura 80 Estructura de soporte de los tanques

El dosificador de la mezcla de nutrientes (A) se encuentra en el sector externo del sistema, va conectado directamente a la tubería de acueducto que alimenta todo el sistema, en este sector de la instalación se encuentra el filtro de agua también (B).

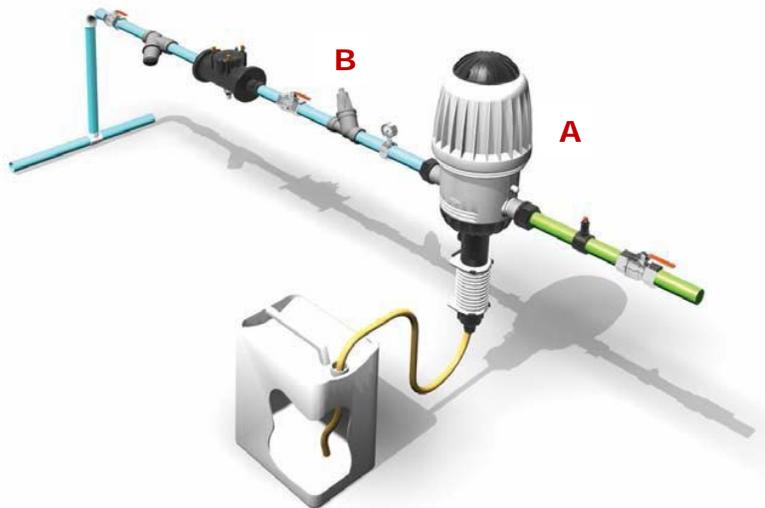


Figura 81 Vista de la conexión del filtro y el dosificador.

8.2 Sistema de cultivo

La bandeja para el sistema hidropónico es una sola plancha, así como la estructura del soporte de la misma, la cual al igual que el soporte de los tanques de agua va previamente soldado.

La colocación de las tapas específicas de cultivo (explicado en la figura 63, página 103), dependerá del tipo de cultivo que se desea colocar en cada uno de los espacios de la bandeja. Lo cual permite al usuario, manipular el tipo de cultivo y la cantidad que desea del mismo.

8.2 Sistema de estructura

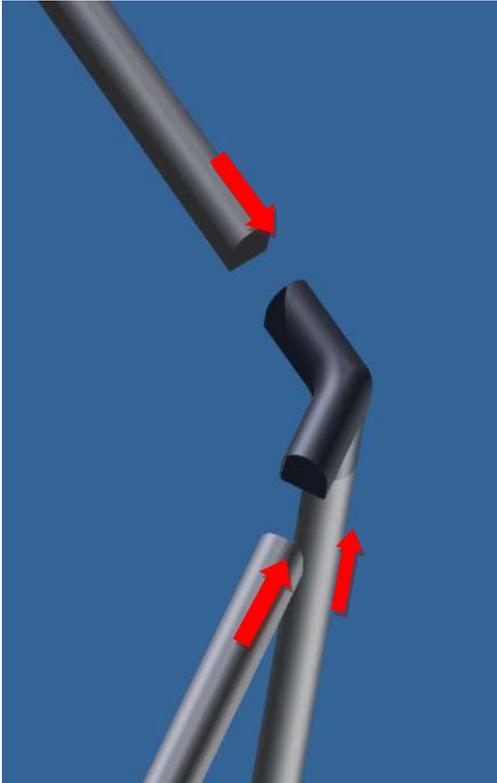


Figura 82 Ensamble en los codos

Los tubos correspondientes a las patas se ensamblan en los codos (dichos codos son fabricados específicamente para este sistema, debido a que en el mercado los productos existentes son a 90° y para el soporte del techo se requiere un ensamble a 120°), la estructura correspondiente al techo también se coloca en el codo en el ensamble corresponde.

Las patas son clavadas en el suelo, 1 m (distancia de sobredimensionado mencionada en la figura 51, de la página 92) para brindar soporte. Una vez que se coloca el cobertor de Sarán, la estructura lleva vientos con alambre de cobre tensado para terminar de anclar el sistema. Esto debido tanto al viento de la zona, como a la inclinación del terreno.

9. Gradientes de mejora

♣ Aprovechamiento del agua.

El tanque de recolección que se encarga de bombear el agua al tanque de nutrientes trabaja también con el suministro de agua llovida (dicho tanque se encontrará instalado en la propiedad, para el abastecimiento de líquido a todos los módulos del proyecto). El tanque de recolección de residuos, recolecta el agua "sobrante" del rebalse de la bandeja de cultivo, lo cual disminuye el consumo de agua que requiere el sistema, muy útil en la época de verano, donde por condiciones en la zona el agua no es tan abundante. Al recircular el agua por el sistema se ahorra un 35% de agua, que generalmente se desperdicia por el rebalse del sistema.

♣ Crecimiento modular.

La estructura, puede utilizarse de forma unitaria o modular, la forma de la totalidad de la estructura portante permite la colocación de módulos consecutivos a 360°. El sistema permite una configuración ilimitada de módulos. Las estructuras disponibles no cuentan con ese tipo de geometría.

♣ Sistema de riego por aspersor.

Si bien los aspersores tienen en algunos casos un rango de cobertura mayor al requerido por las bandejas, por la cantidad de piezas, el costo de mantenimiento y la colocación de los mismos. Disminuyen los puntos de falla, a diferencia del riego por goteo, que requiere de un gotero para cada planta del cultivo, limitando la modularidad y variabilidad del sistema de siembra. Aumenta el rango de absorción de los nutrientes un 20% al tener un período determinado de funcionamiento.

- ♣ Cobertor de la bandeja.

El cobertor de la bandeja cumple con dos funciones principales, encausar el agua con la solución directamente a donde se encuentran las raíces de cada planta, y separar las hojas de la planta de la humedad del sustrato en el que se encuentra "plantada" para evitar la formación de posibles hongos o pudrición. Este implemento forma parte de la innovación del proyecto.

- ♣ Larga vida útil de los sistemas

Los sistemas tanto estructurales, de riego como de cultivo, cuentan con posibilidades de ser reparadas, en caso de falla de cualquiera de las piezas. Debido al método de ensamble, como a la factibilidad técnica de encontrar todos los implementos directamente en el mercado nacional. Lo cual aumenta la vida útil del sistema indefinidamente.

10. Aportes del proyecto

♣ Social:

Se presenta una fuente de trabajo para los pobladores de la zona así como una mejora en la calidad de vida de los mismos debido a los ingresos que podría generar la implementación de este tipo de estructuras en la zona, así como los beneficios del consumo de productos generados bajo el sistema de hidroponía.

♣ Nutricional:

Con la producción de cultivos libres de pesticidas y que van a estar al alcance de todos los consumidores de la empresa implementadora, y a largo plazo en venta a la comunidad; se pretende generar un aporte para mejorar la calidad de la salud de la población.

♣ Económico:

Aprovechamiento de terrenos y maximización de cosechas. Reducción de costos por autoabastecimiento de insumos para la empresa. Posibilidad futura de venta de productos cosechas bajo este método, lo cual generaría ingresos adicionales para la compañía.

♣ Ambiental:

Se aprovechan los nutrientes que requiere la planta. El empleo de agroquímicos y pesticidas tóxicos se elimina lo que evita la contaminación del suelo y el agua por los mismos. El control de plagas se da mediante el empleo de soluciones a base de plantas, lo que evita la contaminación de los productos y el deterioro de la zona donde se desarrolla la actividad.

III. Conclusiones y recomendaciones

- ♣ Es posible y realizable la implementación de un sistema de cultivo hidropónico en la zona de Matina, Limón.
- ♣ Se pueden generar condiciones para cultivos de hortalizas (chile, culantro, lechuga y tomate) que generalmente no se dan en esa zona.
- ♣ Se pueden generar productos libres que químicos y pesticidas mediante un sistema adecuado de control y de nutrición en los cultivos.
- ♣ El aprovechamiento de terrenos poco fértiles y dedicado a pastoreo es posible mediante el empleo de la hidroponía.
- ♣ Un sistema de uso eficiente de los recursos propios de la zona es realizable.
- ♣ Se recomienda el estudio del comportamiento del material de cerramiento en la época de invierno en la zona, debido a la cantidad de lluvia.
- ♣ Se recomienda la implementación de los módulos en etapas, para poder solucionar posibles inconvenientes con el terreno o el comportamiento de los cultivos.
- ♣ Se recomienda la observación del funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua en las diversas épocas del año.

IV. Bibliografía

1. Charpentier Ulate, Mónica. Factibilidad técnica y económica para la siembra de chile dulce bajo condiciones hidropónicas de invernadero. UCR, 2000. Tesis de grado para Lic. En Economía Agrícola.
2. División de fiscalización y evaluación operativa (**2011**). Informe sobre el abordaje del cáncer en Costa Rica. San José, Costa Rica: Contraloría General de la República.
3. GARCIA-BRENES, M David. Alimentación y salud, una relación conflictiva: el caso de España. Salud pública Méx [online]. **2010**
4. Guzmán Díaz, Guillermo. Hidroponía en casa: Una actividad familiar. San José, Costa Rica: MAG, 2004.
5. Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio Pilar. (2010) Metodología de la investigación. 5ed.México Mc Graw Hill.
6. Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger en "Diseño y Desarrollo de Productos: Enfoque multidisciplinario".Mc Graw Hill, México, 2004.
7. Khayat, David."Le vrai regime anticancer". Editorial Odile Jacob, **2010**. 336 pág.

Información consultada en internet:

1. <http://agriculturaurbana.galeon.com/productos1359683.html>
2. <http://cep.unep.org/repcar/demo-projects/seleccion-de-cultivos-en-repcar-costa-rica.pdf>
3. <http://costarica21.com/Limon-s.html>
4. <http://elbalconverde.blogspot.com> (Publicado en 2009)
5. <http://es.wikipedia.org/wiki/Coleoptera>
6. <http://es.wikipedia.org/wiki/Hidropon%C3%ADa#Caracter.C3.ADsticas>
7. <http://hidroponiaeneljardin.blogspot.com> (Publicado en **2011**)
8. http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd55/hortalizas.htm
9. <http://www.agricultura.gob.do/Servicios/ControldePlagas/Enfermedades/Sigatokanegra/tabid/209/language/es-DO/Default.aspx> (Ministerio de

Agricultura, Republica Dominicana, **2011**)

10. <http://www.aluminio.biz/>

11. <http://www.aniq.org.mx/provinilo/pvc.asp>

12. <http://www.arbolesornamentales.es/plagasyenfermedades.htm>

13. <http://www.casasaumell.com.ar/pdf/InformeTecnicoVidrio.pdf>

14. http://www.decoracionesmediterraneo.net/caracteristicas-del-polipropileno-y-la-poliamida_art22.php

15. <http://www.hidroponia.co.cr/>

16. <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>

17. http://www.iscamen.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=83#harinosa

18. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00069.pdf> (MAG, 2007)

19. <http://www.multiperfiles.com>

20. http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos_aires/hidroponia/variables_y_soluciones_nutritvas.htm

21. <http://www.plasticbages.com/pvcplastico.html>

22. <http://www.retractilyembalaje.info/web/polietileno.htm>

23. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=1409-1429&script=sci_serial

24. <http://www.star.co.cr>

25. http://www.supermallas.com/agricultura_sombra_usos_flori.html

26. <http://www.teletica.com/noticia-detalle.php?id=8737&idp=3> (Junio, 2009)

27. <http://www.teletica.com/noticia-detalle.php?id=89381&idp=1> (Marzo, **2011**)

28. <http://www.teletica.com/noticia-detalle.php?id=93726&idp=1> (Abril, **2011**)

Entrevista

1. Entrevista realizada al Sr. Álvaro Chávez, Ing. del MAG. Encargado de proyectos de hidroponía. (Realizada el día Lunes 21 de marzo, **2011**.)
2. Consulta realizada al Sr. Jonathan Fernández, de la empresa Hidro Plant en Cartago. (día 20 de abril, **2011**.)