

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
INVERNADERO HIDROPÓNICO**

**OMAR ROJAS CARDONA
JESSICA ZULAYDI VACA LOZANO
YEISON ADALBERT VACA LOZANO**

PROYECTO APLICADO

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRONICA
MARIQUITA – COLOMBIA**

2017

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
INVERNADERO HIDROPÓNICO**

**OMAR ROJAS CARDONA
JESSICA ZULAYDI VACA LOZANO
YEISON ADALBERT VACA LOZANO**

**TESIS DE GRADO
PROYECTO APLICADO**

ASESOR: ING. ELBER FERNANDO CAMELO

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS TECNOLOGIAS E INGENIERIAS
TECNOLOGIA EN ELECTRONICA
MARIQUITA – COLOMBIA**

2017

**PROYECTO APLICADO PARA OPCION DE GRADO TECNOLOGIA EN
ELECTRONICA**

**“Diseño e implementación de un sistema automatizado para
Invernadero hidropónico”**

Presidente del jurado

X

JURADO

Ibagué, 2017

DEDICATORIA

A Dios por no abandonarme nunca, especialmente cuando más he necesitado de él, por haberme iluminado, guiado y permitido encontrar el camino para la realización de este hermoso proyecto.

A mi padre Guillermo Vaca por ser la luz que desde el cielo me guía, porque durante el tiempo que estuvo conmigo me brindó su apoyo incondicional, me enseñó a amar, a valorar y a disfrutar con alegría la vida sin importar las adversidades.

A mi madre Gloria Lozano quien me ha dado el tesoro más valioso que puede tener un hijo, su amor, quien sin escatimar esfuerzo alguno, sacrificó mucho tiempo de su vida para formarme y educarme.

Porque su ilusión más grande es ver a sus hijos convertidos en personas de bien, a quién le debo todo en la vida y nunca podré pagarle ni con las riquezas más grandes del mundo.

(Jessica Vaca)

A mi madre Gloria Yinet Cardona Por haberme brindado todo su cariño, comprensión, por inculcarme buenos valores, por mostrarme el camino del bien, por darme buenos consejos y por estar ahí apoyándome y motivándome siempre; y sobre todo por darme ese amor incondicional.

A mi padre Omar Rojas Porque ha sido la persona que me ha enseñado a salir adelante, a luchar fuertemente y no estancarme por los tropiezos que se presentan en la vida, por sus valores que hacen que cada día sea mejor persona y por su amor que me ha brindado en estos años de vida.

(Omar rojas)

A mi madre Gloria Lozano Por darme la vida, por ofrecerme todo su amor, por apoyarme en todo momento, por estar ahí siempre cuando más lo he necesitado; y sobre todo por ser esa persona incondicional en mi vida.

A mi padre Guillermo Vaca a él porque a pesar de no estar aquí conmigo sé que desde el cielo me está brindando todo su amor y apoyo, porque el tiempo que pasamos juntos fue el mejor padre, me enseñó lo bonito que es la vida y los valores que debemos seguir para ser mejor persona cada día.

(Yeison Vaca)

AGRADECIMIENTOS

A mi amado esposo, Germán Gómez, quien me ha brindado incondicionalmente todo su amor, apoyo, comprensión y sobre todo su paciencia, por acompañarme durante todo este proceso y nunca pedir nada a cambio.

A mis dos hermosos hijos Mariangel y Andrés por ser lo mejor que me ha pasado en la vida, por llegar y cambiar mi punto de vista por completo, hacerme tomar la decisión de cerrar ciclos y enseñarme que siempre hay algo que aprender.

A mi hermano Yeison Vaca y a mi primo Omar Rojas, por confiar en mí y luchar conmigo en este largo camino.

A mi asesor de tesis Elber Camelo y a John Freddy Callejas con quienes formamos un gran equipo y siempre nos ayudaron a mantener el optimismo.

(Jessica Vaca)

Agradezco primeramente a Dios por permitirme culminar este proceso que es muy importante para mí, a la universidad por proporcionarme la oportunidad de haber estudiado haya, a mis maestros y asesores de tesis; como lo es Elber Camelo y a John Freddy Callejas con quienes formamos un gran equipo y fueron los que incidieron de forma positiva para la elaboración de la tesis.

Agradezco a mis compañeros de trabajo Jessica vaca y Yeison vaca, por estar ahí en el transcurso de este proceso y por ayudarme a culminar la meta propuesta.

Finalmente le doy gracias a mi esposa Yinet Paola Lara, a ella porque estuvo ahí para apoyarme en todo momento y ayudarme y sobre todo por brindarme su amor y comprensión.

(Omar Rojas)

Gracias a Dios por permitirme estar en este mundo y por ayudarme a la elaboración de la tesis, agradezco también a mis asesores que incidieron en este proceso; a Elber Camelo y a John Freddy Callejas que participaron para la realización de la tesis.

Principalmente agradezco a mis compañeros de trabajo como mi hermana Jessica vaca y mi primo Omar Rojas Cardona, porque me ayudaron a lo largo de este trascurso.

(Yeison Vaca)

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1: Invernadero, Castilla N. (2007).....	27
FIG. 2: Construcción de invernaderos. Serrano Z. (2005).....	29
FIG. 3: Invernadero Túnel. Imagen tomada de (plantfor.es 2016).....	30
FIG. 4: Invernadero capilla. Imagen tomada de (ecofisiohort 2014).....	31
FIG. 5: Invernadero en dientes de sierra. Imag... hidroenv 2016).....	32
FIG.6: Invernadero tipo capilla modificado (chileno) (Red de huertas, 2014).....	33
FIG. 7: Invernadero Con Techumbre Curva. (Hidroenv, 2016).....	35
FIG. 8: Invernadero tipo parral (almeriense). (Hidroenv, 2016).....	36
FIG. 9: Invernadero tipo venlo (holandés). (Hidroenv, 2016).....	37
FIG. 10: Orientación de invernaderos. (Hidroenviroment, 2016).....	40
Fig.11: Esquema original de Cooper del sistema NFT. Imag. Tomada de manual práctico.....	46
Fig. 12: Sistema NFT.....	47
Fig. 13: Imagen de flujo laminar. Cosechando natural 2009.....	48
FIG. 14: Mazorriaga A. Mayordomo T, Domenech R (2016) Pre elaboración.....	50
FIG. 15: Germinador.....	51
FIG. 16: Rangos de las variables para la lechuga en hidroponía.....	53
FIG. 17: Programa de cultivo para lechugas.....	53
FIG. 18: Estructura de un sistema automatizado. Técnicas graficas en productiva. (Eduardo A. Arbones M, 1992).....	60
FIG. 19: Factores a considerar en la elección de un sensor. (Pallas R, 2004).....	68

FIG. 20: Tipo de sensores que habitualmente más se utilizan en función de la aplicación. (Serna A., Ros F., Rico J. 2010).....	69
FIG. 21: Diseño de la estructura física del sistema hidropónico NFT.....	79
FIG. 22: Sensores y circuito electrónico.....	79
FIG. 23: Placa Arduino Leonardo.....	80
FIG. 24: Sensor de temperatura y humedad DHT22.....	81
FIG. 25: Sensor de calidad del aire MQ135.....	83
FIG. 26: sensor de luminosidad GY30.....	84
FIG. 27: sensor de pH MSP 430.....	85
FIG. 28: Ventilador – extractor.....	86
FIG. 29: Bomba de agua a 12v.....	87
FIG. 30: Tubería de recolección.....	88
FIG. 31: Aspersor.....	89
FIG. 32: Diagrama de flujo general.....	91
FIG. 33: Diagrama de flujo de humedad.....	92
FIG. 34: Diagrama de flujo de temperatura.....	93
FIG. 35: Diagrama de flujo de CO2.....	94
FIG. 36: Diagrama de flujo de luminosidad.....	95
FIG. 37: Diagrama de flujo de pH.....	96
FIG. 38: Diagrama de flujo de On/Off.....	97
FIG. 39: Diseño Tarjeta electrónica de conexión en Proteus.....	98
FIG. 40: Interfaz de usuario.....	98
FIG. 41: Tarjeta Arduino, Modulo de relevos de cuatro canales, puente H.....	99

FIG. 42: Sistema automatizado de invernadero hidropónico NFT	100
FIG. 43: Humedad	101
FIG. 44: Luminosidad.....	103
FIG. 45: Temperatura.....	104
FIG. 46: CO ₂	105
FIG. 47: Ph.....	106
FIG. 48: Esquema de supervisión de variables.....	107
FIG. 49: Sistema automatizado de invernadero hidropónico NFT con lechugas.....	109

GLOSARIO

1. **ACRE:** Áspero o fuerte en el sabor. Aplicase también a los humores del cuerpo. Diccionario de la real academia española. Gonzales V. (1822).
2. **AUTOMATA:** Maquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado. Champarnaud J. (1999).
3. **CALLO:** Es una masa de células no diferenciadas en las plantas las células del callo son aquellas que cubren una herida. Diccionario de ciencias (2000).
4. **EVAPOTRANSPIRACION:** Se define como la perdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetro por unidad de tiempo. Lirio J, Bardají T, (2017).
5. **EX PLANTES:** Tejido vivo separado de su órgano propio y transferido a un medio artificial de crecimiento. El nombre “explante” es una versión castellanizada del vocablo inglés “explant”; acuñado especialmente para identificar a los tejidos vegetales cultivados in vitro y sin otro significado. La selección del explante es un aspecto clave para tener éxito en el cultivo de tejidos, ya que dependiendo de su ubicación en la planta, del tipo de tejido que contiene, de su edad cronológica y fisiológica, de su contenido endógeno de hormonas, entre otros, se comportara de una manera o de otra. Rojas S, García J, (2004).
6. **GUANO:** Sustancia formada por excrementos de ciertas aves marinas que se encuentran en gran cantidad en las costas del océano pacifico de América del sur y se utiliza como abono. /Abono mineral que se fabrica limitando esta sustancia. Cruchaga M, Edwards A, (1929).
7. **HETEROTROFOS:** Organismo que es incapaz de elaborar su propia materia orgánica y se nutre de sustancias elaboradas por otros seres vivos. Campbell N, Rece J. (2007).
8. **INVERNADERO HIDROPONICO:** Es el arte y ciencia de cultivar plantas sin tierra. La palabra hidroponía está compuesta por “hidro” que significa agua y

“ponía” viene de “ponos” que significa trabajo. Unidas quiere decir trabajo con agua. Gonzales R, (2006).

9. **LUXES:** Intensidad de la luz. Esta se mide en luxes (lx). Es la unidad derivada del sistema internacional de unidades para la iluminancia o nivel de iluminación, basada en el lumen, que a su vez es una unidad derivada basada en la candela. Un lux equivale a un lumen por metro cuadrado, mientras que un lumen equivale a una candela por estereorradián. Núñez M. (2002).
10. **MALLA ANTIAFIDO:** Cobertura que establecen resistencia contra la intensidad del viento, favorecen el desarrollo de la vegetación y uniformidad de las plantas, mayor control de luz, temperatura y humedad que se traducen en menor riesgo de enfermedades y permite una respuesta rápida a tratamientos fitosanitarios y a nutrición. Caicedo A, Muñoz R, (2006).
11. **MBAR:** El milibar es una unión de presión equivalente a una milésima parte del bar, un bar es igual a 1000 (mil) milibares. Otra división del bar menos usada es la baria, barye en inglés, que es la millonésima parte de un bar. Por lo tanto un milibar es igual a 1000 barias. Galán J. (1987).
12. **MICRO CONTROLADOR:** Es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del micro controlador, y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora. Santamaría E. (1993).
13. **PLUVIOMETRO:** Instrumento que se emplea para medir la cantidad de lluvia que cae en un lugar y en un espacio de tiempo determinados; el agua recogida en él se mide en litros o milímetros por metro cuadrado. Ediciones paraninfo SA (2000).
14. **SISTEMA AUTOMATIZADO:** Es el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al conjunto de procesos industriales. Ponsa P, Vilanova R. (2005).
15. **TRANSMITANCIA:** Se define como la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en determinada cantidad de tiempo. Existen varios tipos de transmitancia, dependiendo de qué tipo de energía consideremos. La transmitancia óptica se refiere a la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo, en una determinada longitud de onda. Walton H, Reyes J. (1983).

CONTENIDO

Introducción
Resumen
Abstract

CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1 Planteamiento del problema.....	22
1.2 Justificación.....	23
1.3 Objetivos.....	24
1.3.1 Objetivo general.....	24
1.3.2 Objetivos específicos.....	24

CAPÍTULO II MARCO CONCEPTUAL DEL SISTEMA

2.1 ¿Qué es un invernadero?.....	26
2.1.1Evolución del concepto invernadero.....	26
2.1.2Historia de los invernaderos.....	27
2.1.3Tipos de invernaderos.....	28
2.1.3.1 Invernadero túnel.....	29
2.1.3.2Invernadero tipo capilla.....	30
2.1.3.3 Invernadero en dientes de sierra.....	32
2.1.3.4 Invernadero tipo capilla modificado (chileno).....	33
2.1.3.5 Invernadero con techumbre curva.....	34
2.1.3.6 Invernadero tipo parral (almeriense).....	35
2.1.3.7 Invernadero tipo venlo (holandés).....	37
2.1.4 Materiales empleados en las estructuras.....	38

2.1.5 Condiciones a mantener en un invernadero.....	38
2.1.5.1 Agua.....	38
2.1.5.2 Nutrición.....	38
2.1.5.3 Humedad relativa.....	38
2.1.5.4 Temperatura.....	39
2.1.5.5 Ventilación.....	39
2.1.5.5.1 Ventajas de la circulación del aire.....	39
2.1.6 Orientación de los invernaderos.....	40
2.2 ¿Qué es hidroponía?.....	40
2.2.1 Introducción y origen.....	40
2.2.2 Ventajas de la técnica hidropónica.....	41
2.2.3 Solución nutritiva.....	42
2.2.4 Medios de cultivo.....	43
2.2.5 Composición química.....	43
2.2.5 .1 Macro-nutrientes.....	43
2.2.5 .2 Micro-nutrientes.....	43
2.2.5 .3 Vitaminas.....	44
2.2.5 .4 Azúcares.....	44
2.2.6 Métodos hidropónicos.....	44
2.2.7 Sistemas con raíz directamente en el agua.....	45
2.2.7.1 Balsas o raíz flotante.....	45
2.2.7.2 Cultivo en agua profunda.....	45
2.2.7.3 Película de nutrientes, también llamado NFT.....	45
2.2.7.3 .1 Ventajas de cultivo NFT.....	47
2.2.7.4 Recomendaciones para que su cultivo hidropónico este sano.....	48

2.3 La siembra de hortalizas orgánicas.....	49
2.3.1 Hortalizas de siembra directa.....	49
2.3.2 Hortalizas de siembra indirecta.....	50
2.4 Breve descripción sobre la lechuga.....	50
2.4.1 La Lechuga y su historia.....	50
2.4.2 Al natural.....	50
2.4.3 Variedades.....	50
2.4.4 Propiedades nutricionales de la lechuga.....	51
2.4.5 Consejos para cultivar lechuga.....	51
2.5 Definiciones de las variables en biología.....	54
2.5.1 ¿Qué es la temperatura?.....	54
2.5.2 ¿Qué es ph?.....	55
2.5.2.1 ¿Qué significa el nivel de ácido en el pH?.....	55
2.5.2.2 La escala de medida del pH.....	55
2.5.2.3 ¿Cómo se mide el pH?.....	56
2.5.3 ¿Qué es la luz?.....	57
2.5.4 ¿Qué es la humedad?.....	59
2.5.4.1 La importancia de la humedad en el suelo para sembrar.....	59
2.5.5 ¿Qué es CO ₂ ?.....	59
2.6 ¿Qué es un sistema automatizado?.....	60
2.6.1 Objetivos de la automatización.....	62
2.6.1.1 Tecnologías programadas.....	62
2.6.1.2 Tecnologías cableadas.....	62
2.7 ¿Qué es la programación?.....	63
2.7.1 Programación e ingeniería del software.....	63

2.7.2	objetivos de la programación.....	64
2.8	¿Qué es Arduino?.....	64
2.8.1	Como conectar nuestro computador con la placa arduino.....	65
2.8.2	Un proyecto arduino puede ser autónomo o no.....	65
2.8.3	Lenguaje de programación libre.....	65
2.8.4	Placas.....	65
2.9	Sensores.....	66
2.9.1	Clasificación.....	66
2.9.1.1	Atendiendo a su funcionamiento.....	66
2.9.1.2	Atendiendo a las señales que proporcionan.....	67
2.9.1.3	Atendiendo a la naturaleza de su funcionamiento.....	67
2.9.1.4	Atendiendo a los elementos utilizados en su fabricación.....	67
2.9.2	Características.....	68
2.9.3	Sensor de temperatura.....	70
2.9.3.1	Tipos de sensores de temperatura.....	70
2.9.3.1.1	Termopares.....	70
2.9.3.1.2	Termistores.....	71
2.9.3.1.3	Detectores de temperatura resistiva (RTD).....	71
2.9.3.1.4	Sensores infrarrojos.....	72
2.9.4	Sensor de humedad.....	73
2.9.5	Sensor de pH.....	73
2.9.6	Sensor de luminosidad.....	74
2.9.7	Sensor de dióxido de carbono	75
2.10	Actuadores.....	75
2.10.1	Los elementos de un actuador se dividen en.....	75

2.10.2 Según el tipo de energía empleada, los actuadores se dividen en.....76

CAPITULO III IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

3	Diseño de la estructura física del sistema hidropónico NFT.....	78
3.1	Placa Arduino Leonardo.....	80
3.1.1	Características.....	81
3.2	Sensores a utilizar.....	81
3.2.1	Sensor de temperatura y humedad DHT22.....	81
3.2.1.1	Características.....	82
3.2.2	Sensores de gases MQ.....	82
3.2.2.1	Sensor de calidad del aire MQ135.....	82
3.2.3	Sensor de luminosidad GY 30.....	83
3.2.3.1	Ventajas.....	83
3.2.4	Sensor de pH MSP 430.....	84
3.3	Actuadores a utilizar.....	85
3.3.1	Ventiladores.....	85
3.3.2	Extractor de aire.....	86
3.3.3	Bomba eléctrica.....	87
3.3.4	Tubería de recolección o drenaje.....	88
3.3.5	Aspersores.....	88
3.3.5.1	Aspersores horizontales.....	89
3.3.5.2	Cortina.....	89
3.4	Diseño del sistema de automatización.....	90
3.4.1	Diagrama de flujo general.....	90
3.4.2	Diagrama de flujo de humedad.....	92

3.4.3 Diagrama de flujo de temperatura.....	93
3.4.4 Diagrama de flujo de CO2.....	94
3.4.5 Diagrama de flujo de luminosidad.....	95
3.4.6 Diagrama de flujo de Ph.....	96
3.4.7 Diagrama de flujo de encendido y apagado.....	97
3.5 Pruebas finales y resultados.....	100
3.5.1 Humedad.....	100
3.5.2 Luminosidad.....	102
3.5.3 Temperatura.....	103
3.5.4 CO2.....	105
3.5.5 Ph.....	106
3.5.6 prueba con lechuga.....	107

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Referencias de la web

INTRODUCCION

Los cultivos bajo invernaderos han permitido con el pasar de los años tener productos de buena calidad, alargando el ciclo del cultivo, permitiendo producir en lugares de difíciles condiciones, obteniendo no solo calidad, también cantidad. Adicionalmente se deben tener en cuenta los cultivos sin suelo, hidroponía (trabajo en agua) o Aeroponía que a pesar de que tienen tiempo de investigación e implementación son métodos poco conocidos de producción agrícola y es un centro de atracción para muchas personas que quieren cultivar sus vegetales frescos, sin preocuparse de excesos de fertilización, pesticidas, clima, problemas de la tierra, etc., traen muchas ventajas, como:

- Ahorro de agua
- Manejo automatizado
- Ahorro en mano de obra
- Ahorro en uso de sustratos
- Mayor producción en menos espacio
- Menor pérdida en uso de fertilizantes. Solo se utilizan los necesarios.
- Mayores ganancias con menor inversión. (Cosechando natural, 2009)

La tendencia actual es perfeccionar el sistema mediante el uso de programación en forma automatizada. La producción tecnificada ha llevado a introducir factores de manejo que permiten regular el medio ambiente, los sistemas de automatización que existen en el mercado para controlar los parámetros climáticos son innumerables. Es así como mediante el uso de invernaderos se ha logrado crear condiciones ambientales que llevan a optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas, con el fin de aumentar su productividad y calidad.

Los parámetros más relevantes en el control que intervienen en un invernadero son los relacionados con el clima, riego, CO₂, humedad, temperatura, luminosidad, pH, etc. y con el uso de controladores se obtiene la mayor regulación climática esto implica que haya un mejor control y por ende un aumento de la cantidad y calidad de la cosecha.

La automatización de invernaderos ya es muy popular en distintos países, ya que un alto porcentaje de las cosechas se pierden por el descuido del personal que tiene que vigilar los plantíos las 24 horas del día.

“Empresa Holandesa líder mundial en la automatización de invernaderos a través del control de clima ofrece excelente servicio con personal capacitado para hacer de su invernadero el mejor área de cultivo, invirtiendo poco tiempo en la

realización de las actividades cotidianas y mejorando la calidad de su cosecha, ya que se monitorea y controlan variables como temperatura, humedad, oxígeno, ph, etc.” Metaliser (2015).

“Empresa Mexicana ofrece servicios de monitoreo y control de invernaderos, accionamiento de bombas, calentadores, cortinas, aspersores, etc.”. automatización-invernaderos (2016).

Estos son algunos ejemplos de descuidos comunes:

- *planta deshidratada*: por no regar a tiempo y en forma.
- *planta ahogada*: por exceso de riego.
- *plantas con poco crecimiento*: por no contar con un sistema automático de nutrición.
- *plantas asfixiadas*: por el exceso de temperatura debido a que no abren las cortinas al medio día.
- *plantas quemadas*: por no cerrar las cortinas o encender los calentadores en las heladas.
- *plantas con plagas*: debido a que en una tormenta se rompieron las cortinas por no cerrarlas oportunamente o por dejar las puertas abiertas del invernadero sin control de acceso.(Automatización, control y monitoreo de invernaderos, 2014)

RESUMEN

La palabra hidroponía proviene del griego y significa “trabajo en agua”. El término significa “cultivar plantas sin tierra, al suministrar con el agua la cantidad mínima de alimento necesario para desarrollar cultivos sanos y altamente productivos en menores espacios” (Alpizar L., 2004), presentan varias ventajas como el tiempo de dedicación que se reduce favorablemente; mejoramiento en la calidad del cultivo, porque al regular estas variables las plantas tendrán un óptimo desarrollo; mayor cantidad de plantas en menor espacio.

Se propone desarrollar un sistema automatizado para un ambiente artificial que simule un invernadero hidropónico, se realizará el monitoreo y control de las variables de humedad, luminosidad, temperatura, CO₂ y pH; para ello se utilizará una placa de Arduino que se ajusta muy bien a las necesidades planteadas, a la placa estarán conectados los sensores y actuadores del sistema automatizado que funcionarán bajo un programa diseñado según los requerimientos del invernadero.

La implementación de la electrónica y en este caso un sistema automatizado, plantea una alternativa viable para la tecnificación de un invernadero y esto se reflejará en un beneficio para la comunidad en general, no solo productores, también comerciantes y consumidores, sin olvidar que es amigable con el medio ambiente al facilitar el ahorro de agua y agro-insumos.

ABSTRACT

The word "hydroponics" comes from the Greek and it means "water work". The term means "growing plants without soil, supplying with water the minimum amount of food required to develop safe and highly productive crops in smaller spaces, presented several advantages such as the time of dedication that is reduced favorably; improvement in crop quality, because when you adjust these variables the plants will have an optimum development. Greater number of plants in less space.

It aims to develop an automated system for an artificial environment that simulates a hydroponic greenhouse. It will perform the monitoring and control of the variables of humidity, brightness, temperature, CO₂ and pH; for this is used a plate of Arduino that is adjusted very well to the needs raised. The plate will be connected sensors and actuators of the system automated that will operate under a program designed according to the requirements of the greenhouse. The implementation of the electronic and in this case an automated system, raises an alternative viable for the modernization of a greenhouse and this is reflected in a benefit to the community, not only producers, but merchants and consumer also, without forgetting that is friendly with the environment because it facilitates the saving of water and agro-inputs.

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL PROYECTO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
JUSTIFICACION
OBJETIVOS

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los invernaderos en la región (Fresno, Tolima) cuentan con muy poca tecnificación; esto se comprobó mediante la visita a tres (3) de ellos donde se observó que no cuentan con sistemas electrónicos de supervisión y control. Se comprueba que en la mayoría de casos, los encargados de tomar las decisiones son personas con experiencia que dicen que ajustes se deben realizar, es decir, si la temperatura dentro del invernadero es alta levantan cortinas y hacen riego manual, todos estos factores son los que hay que corregir.

Para los productores de hortalizas cada vez es más difícil hacerle frente a las adversidades para sacar sus cultivos adelante, como son los gastos del sistema de riego tradicional, el uso de pesticidas para controlar plagas y enfermedades, las condiciones climáticas ocasionan disminución del producto o en muchas ocasiones hasta pérdida total, gasto elevado de fertilizantes y agua, la falta de espacio para satisfacer las necesidades del mercado, lo que deriva en disminución de sus ingresos y disminuye la oportunidad de competir en el mercado.

“Los cultivadores de cereales, agremiados en Fenalce, dijeron que hay retrasos en la siembra por exceso de aguas en los lotes impidiendo las labores de preparación y fertilización de los suelos. Las afectaciones se reportan en los departamentos del Tolima, Huila y valle del cauca”. (El tiempo 2016).

“De acuerdo con la asociación de hortofrutícola de Colombia, Asohfrucol, se estima que en siete departamentos del país hay afectaciones en los diferentes cultivos de frutas, hortalizas y aromáticas, como consecuencia del verano.” Contexto ganadero (2015).

“La proliferación de plagas es uno de los problemas que enfrentan los agricultores del país, pues a medida que su cultivo se va desarrollando, las poblaciones de estos organismos llegan hasta los mismos, los atacan y los deterioran, ocasionando en gran parte, pérdida en su producción.” La república (2014)

El presente proyecto plantea una alternativa de solución a esta problemática mediante la elaboración de un sistema automatizado basado en Arduino. Una vez probado el prototipo, queda para un próximo proyecto implementar el sistema diseñado, en un invernadero de tamaño real que garantiza beneficios económicos y rentabilidad al productor, porque las hortalizas producidas dentro de un invernadero tendrán una mayor producción y mejor calidad, mientras se controlan los parámetros correspondientes, también se generarán beneficios ambientales, como disminución de uso del agua y el cuidado a la degradación de suelos.

1. 2 JUSTIFICACION

La idea de un invernadero hidropónico automatizado ofrece muchos beneficios; como desarrollar un entorno favorable para el desarrollo de cualquier cultivo que se acomode al sistema de nutrición a través de la raíz y no solo se ahorre tiempo en el manejo del cultivo, también espacio, ya que la tierra cada día se encarece más y los terrenos para siembra están limitados, desgastados y contaminados, es entonces cuando la hidroponía se ofrece como una alternativa importante al generar más producción en menos espacio y sin el peligro de la contaminación y no hay que olvidar que se ahorra agua, energía, se tendrá menor pérdida en uso de fertilizantes, reduciendo costos e incrementando utilidades.

Hoy en día encontrar productos de buena calidad, con precios asequibles es casi un reto, pero es todavía más difícil como agricultor cumplir con todo lo que demanda el mercado y para esto hay que tener a mano buenas herramientas para hacer de los cultivos los mejores, por esta razón se originaron los invernaderos, no solo para mejorar la calidad también para incrementar la producción y reducir el tiempo de desarrollo del cultivo y es precisamente por esta razón que hay que automatizarlo, es decir, que se cumplan funciones con un mínimo de intervención humana, lo cual hace que el resultado sea preciso y rápido.

Con este proyecto se busca desarrollar una opción para los productores, inclusive si no tienen grandes empresas, ya que el manejo será muy práctico y el cultivo se mejorará técnicamente.

Realizar la tecnificación de un cultivo hidropónico mediante la implementación de un sistema automatizado basado en Arduino, es relevante desde el punto de vista de demostrar que una tecnología económica como Arduino, puede ser la base para la automatización de invernaderos; garantizando supervisar y controlar diferentes variables de manera eficiente. Puede la solución planteada en este proyecto ser la base para la implementación de sistemas automatizados en invernaderos de gran tamaño y de esta manera ayudar a maximizar las ventajas de este tipo de cultivo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Implementar un sistema en el cual se supervisen y controlen las variables de temperatura, humedad, luminosidad, CO₂ y PH desarrollándolo en un cultivo hidropónico que garantice la supervivencia de la planta.

1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Revisar la bibliografía sobre el montaje y manejo de Invernaderos hidropónicos.
2. Implementar un prototipo de invernadero hidropónico a escala, basado en la revisión bibliográfica.
3. Caracterizar las variables para el desarrollo de la automatización.
4. Diseñar un sistema de control basado en la información de los sensores seleccionados para la supervisión de las variables caracterizadas, basado en arduino.

CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL DEL SISTEMA

¿QUE ES INVERNADERO?

¿QUE ES HIDROPONIA?

HORTALIZAS

TERMINOS BIOLOGICOS (TEMPERATURA, HUMEDAD, LUZ, PH Y CO2)

BREVE DESCRIPCION DE LA LECHUGA

¿QUÉ ES UN SISTEMA AUTOMATIZADO?

¿QUÉ ES PROGRAMACION?

¿QUÉ ES ARDUINO?

SENSORES

ACTUADORES

¿Qué es un invernadero?: Un invernadero es una construcción que permite la delimitación de un compartimiento de cultivo, en el cual el clima difiere del existente al aire libre, por las modificaciones que provoca el material de cerramiento en los intercambios entre el suelo, el sustrato y la masa vegetal con el entorno (Villele, 1983) citado por Castilla N, (2007).

La nueva norma UNE-EN-13031-1 (invernaderos: proyecto y construcción) define el invernadero como una estructura usada para el cultivo y/o protección de plantas y cosechas, la cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de personas en su interior.

2.1.1 Evolución Del Concepto Invernadero: En los invernaderos la función antes considerada principal de aumentar las temperaturas respecto al aire libre, a consecuencia del efecto <<invernadero>>, en algunos casos deja de serlo, quedando el interés del efecto invernadero limitado a periodos breves de bajas temperaturas, como ocurre en algunos invernaderos mediterráneos. En efecto, en algunas regiones resulta más importante el <<efecto sombreo>>, en época de alta radiación, o el <<efecto cortavientos>>, al menos en ciertas épocas del año. El cerramiento de los invernaderos con malla en vez de con lámina plástica, de reciente introducción en latitudes bajas, limita la radiación y viento exteriores sin aumentar las temperaturas. En áreas muy áridas o desérticas, el aislamiento que aporta al invernadero respecto del medio exterior (muy seco y cálido) supone una concepción del cultivo protegido distinta de la convencional, al proporcionar una mejora de la humedad ambiental y limitar el aumento de la temperatura, si el cultivo está bien regado. Ello ha inducido a hablar de un <<efecto oasis>> (Sirjacobs, 1988) citado por Castilla N, (2007).

En un invernadero, la reducción de radiación respecto al exterior implica una reducción de las necesidades de riego (al disminuir la evapotranspiración), lo que unido a un aumento de las producciones permite hacer un uso más eficiente del agua de riego (Stanghellini, 1992) citado por Castilla N, (2007).

En regiones tropicales y subtropicales, de alta pluviometría, predomina en los invernaderos el <<efecto paraguas>>, pues el fin primordial de su empleo es evitar los efectos perjudiciales de las intensas y frecuentes lluvias sobre los cultivos, siendo indeseable normalmente el efecto invernadero, pues las condiciones térmicas naturales son eficientes, o incluso excesivas, para el desarrollo de los cultivos (Garnaud, 1987) citado por Castilla N, (2007).



Fig. 1. Invernadero, Castilla N. (2007).

2.1.2 Historia De Los Invernaderos: Alrededor de los años 1850 se construyeron los primeros invernaderos de horticultura neerlandeses para el cultivo de uva.

Los cultivos que estaban en invernaderos con calefacción y con nivel de cristal más alto tenían un mejor desarrollo. Cuando se les daba más luz y el entorno cálido era constante las plantas crecían rápidamente.

La buena noticia es que se podrían cultivar en los países bajos productos que solo se desarrollarían en países cálidos sino hubiera invernaderos.

En Westland se enarenaron las tierras morrénicas arenosas áridas. La arena fue llevada a las turberas y arcillas mojadas y, por lo tanto se creó un buen subsuelo para la horticultura. Finalmente se creó la concentración de la horticultura e invernaderos mayor de todo el mundo en Westland. Esto fue por la influencia moderadora del agua circundante, la gran cantidad de luz solar cerca de la costa, la cercanía de grandes concentraciones de habitantes y las

innovaciones del sector de construcción de invernaderos. Producción hortícola (2014a).

En 1972 y 1973 se llevaron a cabo investigaciones científicas, técnicas y sistémicas en la construcción de invernaderos. Pioneros de la industria y comercio, redactaron la primera normativa para la construcción de invernaderos Neerlandesa, NEN 3859. A partir de ahí se han hecho distintas investigaciones que han resultado modelos de aritmética (ej. Construcción de invernaderos casta).

Los modelos aritméticos continuamente son modificados y ajustados y este es la razón más importante de porque los invernaderos Neerlandeses tienen buena reputación.

En los países bajos se construyen principalmente dos tipos de invernaderos:

- Tipo venlo
- Tipo nave ancha con sus muchas opciones.

Pero es finalmente el cultivo quien determina el tipo de invernadero adecuado para utilizar. (Snelder V. 2009)

El tipo nave es muy utilizado por cultivadores de plantas de maceta y de materiales de producción y el tipo venlo es muy utilizado por quienes prefieren sembrar flores y hortalizas.

En la última década los invernaderos han incrementado mucho en altura, esto hace que tengan ventajas en ventilación, (más luz) y las naves son más grandes (ósea que hay más espacio para el cultivo y para trabajar).

En busca de un futuro sano para la horticultura y de los invernaderos neerlandeses se ha desarrollado la profesionalización de la industria de construcción de invernaderos, una normativa para la construcción a nivel europeo es de esencial importancia. La normativa para la construcción de invernaderos será finalizada en poco tiempo y será vinculante para toda Europa. Los intereses de los países bajos son defendidos en la comisión normativa europea por TNO Bouw de Delft.

La posición dominante en horticultura a nivel mundial la tienen los países bajos. Los países bajos tienen más invernaderos que en cualquier otro país por lo cual la especialización de los constructores de invernaderos y suministradores es amplia. En los países bajos ahí más de 10.000 hectáreas en invernaderos.

2.1.3 Tipos De Invernadero: Se puede hacer una clasificación según diferentes criterios (por ej., materiales para la construcción, tipo de material de cobertura característica, característica de la techumbre, etc.), no obstante, se prefiere enumerar los más importantes obviando algunas características para su clasificación.

POR SU PERFIL EXTERNO

La clasificación más usual puede ser la que atiende a su conformación estructural y perfil externo, que es la siguiente:

- **Parra** << plano >>
- **Capilla** { simple { a dos aguas
 Doble { a una agua
- **Diente de sierra**.....{ varios dientes
 { un diente
- **Parral << Raspa y amagado >>**.... {simétrico
 { asimétrico
- **Túnel o semi- cilíndrico**
- **Semielíptico**
- **Asimétrico**

Fig.2. Construcción de invernaderos. Serrano Z. (2005).

Dentro de los tipos de invernadero más comunes en el mundo se encuentran:

2.1.3.1 Invernadero Túnel: No existe un parámetro definido para establecer las diferencias entre lo que es un invernadero y un macro túnel. No obstante se ha optado como medida de clasificación el volumen de aire encerrado por cada metro cuadrado de suelo. De acuerdo a diferentes opiniones, se puede definir como invernadero aquella estructura que supera los 2.75-3m³/m².

Este tipo de estructura tiene algunas ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Alta resistencia a los vientos y fácil instalación (recomendable para productores que se inician en el cultivo protegido).
- Alta transmisión de la luz solar.
- Apto tanto para materiales de cobertura flexibles como rígidos.

Desventajas

- Relativamente pequeño, volumen de aire retenido (escasa inercia térmica) pudiendo ocurrir el fenómeno de inversión térmica.
- Solamente recomendado en cultivos de bajo a mediano porte (lechuga, flores, frutilla, etc.). Producción hortícola (2014b).



Fig. 3 Invernadero Túnel. Imagen tomada de (plantfor.es 2016)

2.1.3.2 Invernadero Capilla: Esta estructura es muy usada en nuestro país, sobre todo en la zona de la plata y es una de las estructuras más antiguas.

La pendiente del techo (cambio) es variable según la radiación y pluviometría (variando normalmente entre 15 y 35 grados). Las dimensiones del ancho varían entre 6 y 12m (incluso mayores), por largo variable. Las alturas de los laterales varían entre 2, 0-2,5m y la de cumbrera 3,0-3,5m (también se construyen más bajos que los señalados pero no son recomendables). Serrano Z. (2005).

La ventilación de estos invernaderos en unidades sueltas no ofrece dificultades, tornándose más dificultosa cuando varios de estos invernaderos se agrupan formando baterías.

Ventajas

- Construcción de mediana a baja complejidad.
- Utilización de materiales con bajo costo, según la zona (postes y maderos de eucaliptus, pino, etc.).
- Apto tanto para materiales de cobertura flexibles como rígidos.

Desventajas

- Problemas de ventilación con invernadero de baterías.
- A igual altura cenital, tiene menor volumen encerrado que los invernaderos curvos.
- Mayor número de elementos que disminuyen la transmitancia (mayor sombreo).
- Elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivo. Producción hortícola (2014c).



FIG. 4 Invernadero capilla. Imagen tomada de (ecofisiohort 2014)

2.1.3.3 Invernadero En Dientes De Sierra: Esta estructura es una variación de los invernaderos capilla, se comenzaron a utilizar en zonas con muy baja precipitación y altos niveles de radiación.

Contaban con una techumbre única inclinada en ángulos que variaban entre 5 y 15 grados (orientados en sentido este –oeste y con presentación del techos hacia la posición del sol – norte para el hemisferio sur-).

El acoplamiento lateral de este tipo de invernaderos dio origen a los conocidos como dientes de sierra. La necesidad de evacuar el agua de precipitación, determino una inclinación en las zonas de recogida desde la mitad hacia ambos extremos.

Ventajas

- Construcción de mediana complejidad.
- Empleo de materiales de bajo costo (según zonas).

Desventajas

- Sombreo mucho mayor que capilla (debido a mayor número de elementos estructurales de sostén).
- Menor volumen de aire encerrado (para igual altura de cenit) que el tipo capilla. Producción hortícola (2014d).



FIG. 5. Invernadero en dientes de sierra. Imag... hidroenv 2016)

2.1.3.4 Invernadero Tipo Capilla Modificado (chileno): Se trata de una variante del tipo capilla (muy utilizados en la V región de Chile y promovidos por el programa Hortalizas del INIA). La modificación respecto a la capilla, consiste en el ensamble a diferentes alturas de cada cambio, lo que permite generar un espacio para una ventana cenital (lucarna).

Las dimensiones más comunes de estos invernaderos son:

- Ancho de cada módulo: 6,0m
- Altura lateral: 2,4m
- Altura cenital: 3,6m
- Abertura cenital: 0, 3-0 , 5m

Los postes se plantan cada 2,0m, Tanto en el lateral como en la parte central, utilizándose postes sulfatados o bien, impregnados con brea al menos en los 0,40 – 0,60m que van enterrados.

Ventajas

- Construcción de mediana complejidad.
- Excelente ventilación (al igual que el diente de sierra), siendo muy adecuados para la conformación de baterías.
- Empleo de materiales de bajo costo.

Desventajas

- Sombreo mayor que capilla (debido a mayor número de elementos estructurales que sostén), pero menor que diente de sierra.
- A igual altura cenital, tiene menor volumen encerrado que los invernaderos curvos.
- Elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivo. Producción hortícola (2014e).



FIG.6 Invernadero tipo capilla modificado (chileno) (Red de huertas, 2014)

2.1.3.5 Invernadero Con Techumbre Curva: Estos invernaderos provienen de los invernaderos túneles. Generalmente son metálicos (caños de 2” a 2.5” de diámetro o bien perfiles triangulares con hierro redondo trefilado de 8-10 m de diámetro), los hay con techumbre metálica y postes de madera.

Dentro de este tipo de invernaderos, pueden encontrarse diferentes alternativas según la forma que adopta el techo (i-e-circulares-semielíptico-medio punto-ojivales etc.). Las dimensiones más comunes de estos invernaderos van de 6,0-8,0 m de ancho por largo variable.

En la zona del cinturón hortícola de la ciudad de Santa Fe, existe una alternativa de muy bajo costo (más próxima al tipo semielíptico) construida con postes de madera y techumbre de madera arqueada o caña. Se trata de estructuras indelebles y baja altura, tornándose muy importante como limitante para el clima de la zona.

Ventajas

- Junto con los invernaderos tipo túnel, es el de más alta transmitancia a la luz solar.
- Buen volumen interior de aire (alta inercia térmica).
- Buena resistencia frente a los vientos.
- Espacio interior totalmente libre (facilidad de desplazamiento, laboreo mecanizado, conducción de cultivos, etc.).

- Construcción de mediana a baja complejidad (debido a la disponibilidad de los elementos prefabricados).

Desventajas

- Tienen la misma limitante que el tipo capilla, cuando deben acoplarse en batería (de no poseer algún sistema de ventilación cenital).
- La limitante va señalada, plantea la necesidad de no superar los 25-30m (de invernaderos acoplados), debido a las dificultades para ventilación. Producción hortícola (2014f).



FIG. 7 Invernadero Con Techumbre Curva. (Hidroenv, 2016)

2.1.3.6 Invernadero Tipo Parral (Almeriense): Proviene de Almería (España), de palos y alambres, denominados parral por ser una versión modificada de las estructuras o tendidos de alambre empleados en los parrales para uva de mesa.

Actualmente existe una versión moderada a los originales, que se construyen con caños galvanizados como sostenes interiores, permaneciendo el uso de postes para los laterales.

Estos invernaderos suelen tener una altura a la cumbre de 3,0-3,5 m, la anchura variable, pudiendo oscilar en 20 m o más, por largo variable.

La pendiente es casi inexistente, o bien (en zonas con pluviometría de riesgo) suele darse 10° - 15° , lo que representa altura de los laterales del orden de 2,0-2,3 m. se ventila solamente a través de las aberturas laterales. En la techumbre solo se utiliza una doble entrada de alambre, por entre el cual se coloca la lámina de polietileno, sino otra sujeción.

Ventajas

- Gran volumen de aire encerrado (buen comportamiento según inercia térmica).
- Despreciable incidencia de los elementos de techumbre en la intercepción de la luz.
- Aun tratándose de una estructura que ofrece alta resistencia a los vientos, es poco vulnerable por el eficiente sistema de anclaje.

Desventajas

- Deficiente ventilación.
- Alto riesgo de rotura por precipitaciones intensas (escasa capacidad de drenaje).
- Construcción de alta complejidad (requiere personal especializado).
- En zonas de baja radiación, la escala pendiente del techo representa una baja captación de luz solar. Producción hortícola (2014g).



FIG. 8 Invernadero tipo parral (almeriense). (Hidroenv, 2016)

2.1.3.7 Invernadero Tipo Venlo (holandés): Son invernaderos de vidrio, los paneles descansan sobre los canales de recogida del agua pluvial. La anchura de cada módulo es de 3,2 m y la separación entre postes en el sentido longitudinal es de 3 m.

Estos invernaderos carecen de ventajas laterales (puede ser debido a que Holanda no existen demasiados exigencias en cuanto ventilación). En vez, tiene ventanas cenitales, alternadas en su apertura (una hacia un lado y la siguiente hacia el otro) cuyas dimensiones son de 1,5m de largo por 0,8m de ancho.

Ventajas

- El mejor comportamiento térmico (debido al tipo material utilizado: vidrio y materiales y materiales rígidos).
- Alto grado de control de las condiciones ambientales.

Desventajas

- Alto costo.
- La tramitación se ve afectada, no por el material de cobertura, sino por el número de elementos de elementos de sostén (debido al peso del material de cubierta).
- Al tratarse de un material rígido, con duración de varios años, resulta afectado por la transmisibilidad de polvo, algas, etc. (Producción hortícola, 2014).



FIG. 9 Invernadero tipo venlo (holandés). (Hidroenv, 2016)

2.1.4 Materiales Empleados En Las Estructuras: Los materiales deben ser ligeros, económicos, resistentes y esbeltos; deben formar estructuras poco voluminosas, a fin de evitar sombras sobre las plantas, de fácil construcción, mantenimiento y conservación, modificables y adaptables si se desea agregar cualquier tipo de estructura sobre todo si se quiere ensamblar en batería.

2.1.5 Condiciones A Mantener En Un Invernadero: Una característica esencial del invernadero va en función al clima de la zona para generar el diseño sin olvidar la orientación de este buscando que sea maleable, económico y que sostenga al cultivo con todo el equipo necesario para satisfacer las necesidades fisiológicas como:

2.1.5.1 Agua: elemento cuya función es controlar es temperatura de la planta y movilizar los nutrientes que implica.

- Sistema de riego (localizado, nebulización y aspersion)
- Automatización del sistema de riego

2.1.5.2 Nutrición:

- Fertilización o fertirriego

2.1.5.3 Humedad Relativa: factor esencial para el control de temperatura, para mantenerla se utiliza:

- riego por nebulización.

-paredes húmedas.

2.1.5.4 Temperatura: factor que incide en el desarrollo eficiente de la planta para controlarla partiendo del clima podemos utilizar:

-termohigómetros: te permite conocer la temperatura dentro del invernadero.

-extractores

-calefactores

-ventiladores

-mallas sombras

-plásticos (cobertura)

-malla antiafidos

-ventanas cenitales

2.1.5.5 Ventilación: Es la renovación del aire dentro del invernadero con el fin de aportar CO₂ necesario para el desarrollo del cultivo y disminuir la temperatura interna.

- *Colocar ventilas existiendo tres posibilidades de hacerlo:*

1. En la parte alta del invernadero (ventilas cenitales)
2. En los costados (ventilas laterales)
3. En la parte alta de los frentes o posteriores (ventilas frontales).

Las ventilas deben protegerse mallas antiafidos para impedir el paso de insectos y aves.

2.1.5.5.1 Las ventajas de la circulación del aire son:

- La temperatura del invernadero se homogeniza.
- La condensación de humedad se reduce.
- Bajo costo inicial y de operación.
- La utilización del CO₂ (bióxido de carbono) se mejora.

2.1.6 Orientación De Invernaderos: Los productores prefieren la dirección norte-sur porque permite una distribución uniforme de la luz del sol. No obstante algunas investigaciones recientes, sugieren que la mejor dirección depende de la latitud, por ejemplo en zonas por encima de 40 grados de latitud será más apropiada con una orientación al norte-oeste. Hay que destacar que los accesos, al interior del invernadero deberán estar alejados de la zona donde se produzcan vientos dominantes en invierno para limitar la pérdida de calor producidas por el aire frío cada vez que se abran las puertas (Castilla, 2007).

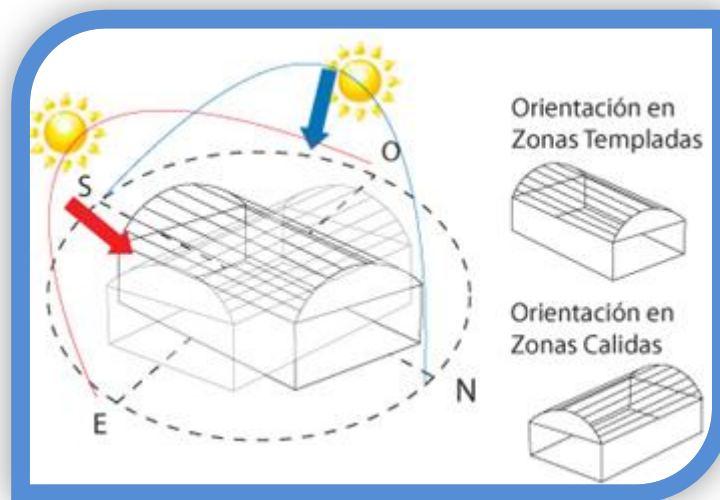


FIG. 10. Orientación de invernaderos. (Hidroenviroment 2016)

2.2 ¿QUE ES HIDROPONIA?: Definido como la técnica del cultivo de las plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales vitales por la planta para su normal desarrollo. (Alpizar L. 2004).

2.2 .1 Introducción Y Origen: Hoy en día la hidroponía alrededor del mundo llama la atención por varias razones.

A pesar de lo antiguo es desconocido este método de cultivar plantas y viene a ser un centro de atracción para muchas personas que quieren cultivar sus vegetales frescos, sin preocuparse de excesos de fertilización, pesticidas, clima, problemas de la tierra, etc. Hay quienes quieren hacer dinero cultivando productos de mejor calidad para venderlo con precios más elevados en el

mercado u otras que tratan de cultivar sus propios alimentos sin tener que pensar en la cantidad de espacio requerido y la gran mayoría quieren cultivar sus plantas en el menor espacio posible, a la mayor cantidad y con mejor calidad.

Sin importar cuál sea la idea, la hidroponía ofrece una amplia variedad de sistemas de cultivo que se adapta a las necesidades de las distintas poblaciones alrededor del mundo.

El concepto de hidroponía no es nuevo. Se tiene conocimiento de que los aztecas cultivaron en jardines flotantes; una de las, maravillas del mundo, los jardines colgantes de Semiramis, tiene su base en hidroponía en la nutrición de sus plantas, inicialmente se comienza en cultivos en agua, con lo cual se demostró que brindándole a la planta los elementos necesarios para su crecimiento, daba verdaderos resultados sin necesidad de la tierra. (Alpizar L, 2004).

Empezaron por sacar pequeñas cantidades donde se contaba con muy pocas tierras. Después de la segunda guerra mundial la armada de los estados unidos construyó 100 acres de enormes invernaderos en Japón para proveer a sus tropas con vegetales frescos. Las fincas hidropónicas operaron hasta mediados de los años 60. Actualmente, en países desarrollados existe una gran cantidad de invernaderos dedicados a la producción de cultivos hidropónicos, a nivel comercial, que brindan a sus clientes la oportunidad de consumir un producto de un mejor sabor y una mejor calidad.

La palabra hidroponía proviene del griego y significa “trabajo en agua”. El término significa cultivar plantas sin tierra, al suministrar con el agua la cantidad mínima de alimento necesario para desarrollar cultivos sanos y altamente productivos en menores espacios. (Alpizar L, 2004).

En este sistema el agua acarrea los nutrientes hasta la raíz de la planta, esto hace que las raíces no tengan que desarrollarse tanto puesto que no tienen que recorrer espacios en busca de alimento como sucede con los cultivos en tierra.

2.2.2 ventajas de la técnica hidropónica: Los avances tecnológicos del siglo veinte han hecho que la producción masiva, según este sistema, sea económicamente rentable. El plástico, en sus diferentes presentaciones, llega a dar un aporte muy importante para el desarrollo de la técnica, ya que se puede utilizar en todas sus formas y durante el ciclo de cultivo de una manera ilimitada. Es el contenedor óptimo por excelencia para llevar a cabo esta técnica; además, tiene la ventaja de ser de bajo costo. La técnica hidropónica favorece la reutilización de los plásticos que en nuestra casa o nuestra comunidad serian de desecho.

La hidroponía ofrece algunas ventajas, pues al no tratar con la tierra se puede cultivar y cosechar flores, hierbas, vegetales o frutos, de una manera limpia y fresca. Mediante esta técnica la planta exhibe un mejor aspecto y sin dejarse de lado las prácticas de agricultura. Algunos utilizan la hidroponía como pasatiempo, otros como un modo de adquirir un ingreso adicional o como negocio de tiempo completo.

A medida que aumenta la población, la tierra cada día se encarece más y los espacios para siembra están limitados, desgastados y contaminados. Es entonces cuando la hidroponía se ofrece como una alternativa importante al generar más producción en menos terreno y sin el peligro de la contaminación.

En algunos lugares del mundo, sembrar con la técnica hidropónica es la única manera de obtener algún cultivo; uno de estos casos es el de Israel, donde la tierra para cultivar es escasa, lo cual obliga a adaptar los cultivos a los recursos naturales que les ofrece su territorio. Una buena parte de los desiertos de esta región están cultivados con este antiguo método lo que permite abastecer a la población de una infinidad de vegetales, flores y plantas ornamentales. (Alpizar L, 2004).

2.2.3 Solución nutritiva: El éxito de cultivo in vitro depende, en gran parte, del medio de cultivo. Este es uno de los factores más importantes que controlan el crecimiento y la morfogénesis de los tejidos vegetales en cultivo.

A través del tiempo, paralelo al desarrollo y perfeccionamiento de la técnica del cultivo. Con esto se definió la especificidad de los medios, hasta tal extremo que hoy día se puede afirmar que cada género, inclusive diferentes ex plantas que provienen de la misma planta, tienen diferentes requerimientos para crecer en óptimas condiciones.

Estos medios básicos se denominan, generalmente, con el nombre de las personas que lo crearon. Los primeros medios fueron establecidos con base en las soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos de Knop (1865) y de Pfeffer (1900). Así surgieron los medios de White (1937), de Gautheret (1937) y Nobecourt (1937). Estos medios si bien permitieron el crecimiento de callos y raíces, eran demasiado pobres para favorecer el desarrollo de otras partes de las plantas.

2.2.4 Medios de cultivo: Un medio de cultivo es una mezcla de determinadas sustancias, con o sin gelificación, sobre el cual o dentro de él, crecen los ex plantas. (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.2.5 Composición química: El medio de cultivo puede ser químicamente definido o no definido, dependiendo de si se conoce o no la composición completa y la estructura química de cada componente. Normalmente consiste de sales inorgánicas (macro elementos y micro elementos), una fuente de energía y de carbono para metabolismo (generalmente un azúcar), complementos orgánicos (principalmente vitaminas y fuente de nitrógeno reducido), reguladores de crecimiento y un gelificante. (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.2.5.1 Macro nutrimentos: En esta categoría se incluyen los seis elementos mayores indispensables para el crecimiento de las plantas superiores, a saber: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. El nitrógeno es el componente más importante para la organogénesis. Ciertos autores consideran que el contenido total de nitrógeno es el que influye en la morfogénesis. La adición de nitrógeno en los medios se hace principalmente bajo la forma de nitrato de amonio y se debe a efectos prácticos de control de pH: el nitrato es absorbido a pH ácido, pero su presencia basifica gradualmente el medio, el amonio es absorbido a pH más neutro, pero provoca la excreción de iones hidrógeno en el medio, por lo que este se vuelve más ácido, conforme el pH se acidifica se inhibe la absorción de amonio. (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.2.5.2 Micro nutrimentos: Los elementos metálicos como el hierro, manganeso, zinc, boro, cobalto y molibdeno son componentes de las proteínas de las células vegetales y tienen importancia a nivel fisiológico y metabólico. Por lo menos cinco de estos minerales son indispensables para la síntesis de clorofila y para el funcionamiento de los cloroplastos.

El hierro es necesario ya que forma parte de la ferredoxina, que es importante en el transporte de electrones durante la fotosíntesis. Este elemento se añade en la forma de quelato, puesto que, en la forma de sulfato de hierro se precipita y no es disponible para los tejidos. Se ha determinado que el manganeso puede afectar la formación de yemas. El boro parece estimular la formación de callos. Aunque el yodo no se incluye como un elemento esencial para la nutrición de las plantas, se ha agregado a los medios de cultivo desde que White (1938) informó que este favorecía el crecimiento de raíces de tomate cultivadas. (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.2.5.3 Vitaminas: Las más empleadas son las vitaminas del complejo B: tiamina (vitamina B1) que es indispensable en el medio de cultivo, piroxidina, ácido nicotínico, pantotenato de calcio. El mioinositol, aunque es una sustancia de tipo carbohidrato, con frecuencia se le considera una vitamina. No es imprescindible pero cuando se agrega estimula el crecimiento.

Los aminoácidos proveen a las células vegetales de nitrógeno inmediatamente disponible, y su absorción puede ser mucho más rápida que la del nitrógeno inorgánico del mismo medio, pero su presencia en el medio de cultivo no sustituye a este último. Algunos aminoácidos de uso frecuente son la arginina, el ácido glutámico, el ácido aspártico y la tirosina. (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.2.5.4 Azúcares: la mayoría de los cultivos in vitro son heterótrofos y requieren de una fuente de carbohidratos para obtener la energía necesaria para su crecimiento y desarrollo. La sacarosa es la principal fuente, aunque en ciertos cultivos se usan otros azúcares como la glucosa o la fructosa, sin embargo estos son fuentes deficientes de carbohidratos. Los azúcares se involucran en los procesos de diferenciación celular, favorecen la formación de elementos vasculares y de la clorofila en los cultivos. Además tiene un efecto sobre la organogénesis ya que una disminución en la concentración en el medio favorece la restauración de la capacidad organogénica de los cultivos. Cuando se manipula con la concentración de esta puede retrasar el crecimiento de los ex plantas: al aumentar actúa como inductor osmótico, y al disminuirla o suprimirla del todo, se limita la fuente artificial de carbono. (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.2.6 Métodos Hidropónicos: Existen actualmente dos métodos diferentes para cultivar sin tierra; independientemente de que haga como un proyecto comercial o para consumo personal.

- El método de más desarrollo en países centroamericanos es el método con sustrato como medio de cultivo. En este medio se desarrollan excelentemente los cultivos como el tomate, chile o pimiento, berenjena, melones, fresas, zapallos, pepinos, hierbas, etc.

- El otro método es aquel que no requiere ningún material sólido para el anclaje de las raíces. Este es el método en agua. Para cultivar en agua hay varios sistemas; por ejemplo, está el sistema técnico de fluido constante del nutriente (NFT, por sus siglas en inglés). Los cultivos más recomendables para este sistema son lechuga, apio y albahaca. El sistema aerónico,

donde las raíces de las plantas van en el aire, dentro de un contenedor cerrado en la parte radicular. Uno de los cultivos que se ha adaptado a este sistema es el de la papa. El sistema de raíz flotante, como su nombre lo indica, las raíces de la planta tocan constantemente el líquido. (Alpizar, 2004).

2.2.7 Sistemas Con Raíz Directamente En El Agua

2.2.7.1 Balsas O Raíz Flotante: Es probablemente el método hidropónico más conocido y fácil de identificar a simple vista, siendo muy utilizado para el cultivo de lechugas. Se construyen estanques llamados mesas, que son cubiertos con una plancha de polietileno expandido (plumavit) denominada balsa. La balsa tiene perforaciones en las que se colocan las plantas, de manera que sus raíces queden bajo la plancha. Cada mesa se llena con la mezcla de agua con fertilizante. Como la balsa flota, las raíces están sumergidas y las hojas sobre la superficie.

2.2.7.2 Cultivo En Agua Profunda: También llamado sistema burbujeador (bubbler) o DWC por sus siglas en inglés. A diferencia de las balsas, está orientado a plantas más grandes, como tomates. Se utilizan estanques pequeños, entre 10 y 50 litros de capacidad. Casi siempre, se dedica uno de estos estanques para cada planta. La tapa que cierra el estanque está perforada y acomoda un macetero de malla que queda mayormente bajo la tapa. El estanque se llena con la solución nutritiva hasta la base del macetero o un poco más abajo. Las plantas se hacen crecer en el macetero y sus raíces empiezan a salir hacia abajo por la malla. Las raíces bajan, quedan sumergidas y disponen de todo el espacio del estanque para crecer. Para que las raíces se desarrollen normalmente, la solución nutritiva debe estar muy oxigenada.

2.2.7.3 Película de nutrientes, también llamado NFT: Técnica de cultivo con flujo laminar de nutrientes llamado NFT (Nutrient Film Technique) que es una técnica de cultivo en agua en la cual las plantas crecen teniendo su sistema radicular dentro de una lámina de agua, a través de la cual circula continuamente la solución de nutrientes. Se produce un movimiento continuo de una capa de nutrientes a través de los canales de plástico, que es bombeada por un sistema hasta los extremos de los mismos donde hay un desagüe, y por gravedad vuelven a un aljibe de recogida, tal y como se puede observar en la figura 11. (Rodríguez F. 2005). Fue desarrollada durante la década de los sesenta por Allen Cooper para mejorar la oxigenación de las raíces. El tamaño de los canales debe ser proporcional al volumen de las raíces que van a contener.

Por tanto, se debe ajustar tanto el estadio de la planta a cultivar como su tamaño final.

En el diseño original, e idealmente, la cara inferior de la sección transversal es plana. La morfología de las otras caras que cierran el canal de cultivo puede ser variable, sin embargo siempre hay que considerar una capa aérea encima de las raíces y la lámina de solución nutritiva que permita la correcta aireación, la inercia térmica adecuada y evitar la acumulación de otros gases generados por el sistema y que puedan ser potencialmente perjudiciales. Aunque no es lo más recomendable, se suele utilizar como canales de cultivo las tuberías cilíndricas para instalaciones domesticas sencillas, ya que es fácil de encontrar en cualquier ubicación. En los canales del sistema NFT va aumentando el oxígeno disuelto en la solución nutritiva re circulante a medida que esta progresa por el canal.

La turbulencia que se genera en la lámina de solución nutritiva del NFT claramente provoca un incremento de su oxígeno disuelto. Sin embargo, a efectos prácticos, es importante considerar la demanda requerida por las raíces. La cantidad que necesitaran las raíces a su vez dependerá de sus condiciones ambientales y del tipo de cultivo. La diferencia entre el aporte potencial del sistema y la máxima demanda de oxígeno por las raíces, determinara si el oxígeno presente puede ser el factor limitante de crecimiento de nuestro cultivo. Muy frecuentemente, ocurre que este balance es negativo y, por tanto, nuestras plantas sufrirán hipoxia. Urrestarazu M. (2015).

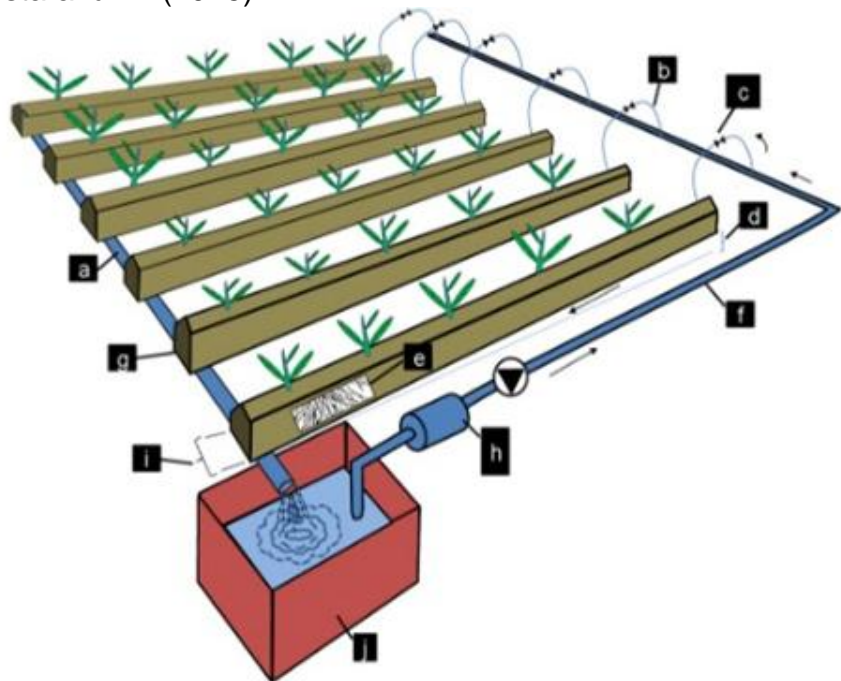


Fig.11 Esquema original de Cooper del sistema NFT. Imag. Tomada de manual práctico

a) Canal colector de los drenajes. **b)** inyección única de la solución nutritiva por cada canal de cultivo. **c)** válvula canal del control del flujo de cada canal (de 2 a 4 min). **d)** pendiente del canal del cultivo (2 al 4 %). **e)** interior del canal plano del cultivo, las raíces crecen sin ningún sustrato adicional. **f)** tubería general de distribución de la inyección a cada canal de cultivo del sistema. **g)** canal de cultivo del sistema NFT. **h)** bomba de impulsión. **i)** ancho del canal variable en función de la planta (p. ej., de 10 cm lechuga a 30 cm pepino). **J)** tanque general de la solución nutritiva y recogida de los drenajes.

2.2.7.3.1 Ventajas De Un Cultivo NFT:

- ✓ Ahorro de agua
- ✓ Manejo automatizado
- ✓ Ahorro en mano de obra
- ✓ Ahorro en uso de sustratos
- ✓ Mayor producción en menos espacio
- ✓ Menor pérdida en uso de fertilizantes. Solo se utilizan los necesarios.
- ✓ Mayores ganancias con menor inversión. (Cosechando natural 2009).



Fig. 12: Sistema NFT

2.2.7.4 Recomendaciones para que el cultivo hidropónico este sano:

- ✓ Cada 15 días cambia el agua del recipiente y no olvides reutilizar la regando otras plantas.
- ✓ Se necesita también observar el desarrollo de las plantas por si presentan alguna anomalía o algún fallo de la instalación de cultivo.
- ✓ Es necesario que la planta reciba luz solar para su desarrollo aunque en algunos tipos de plantas no es fundamental.

Como resultado del uso de cultivos hidropónicos se renueva la agricultura, siendo accesible para todas las personas, incluso sin ser especialistas en la agricultura o estar en lugares acondicionados para esta labor, como las ciudades y la misma casa. Con un cultivo hidropónico puedes vender en los mercados los productos cosechados, como vegetales y desde luego ayudara a la economía del hogar, siendo primordial que la elaboración de estos cultivos no es costosa y ayudara sustancialmente al ecosistema evitando la erosión como sucede con la tierra.

Por estas razones es conocida como la agricultura del futuro. Adoptar este método traerá muchos beneficios para su entorno.

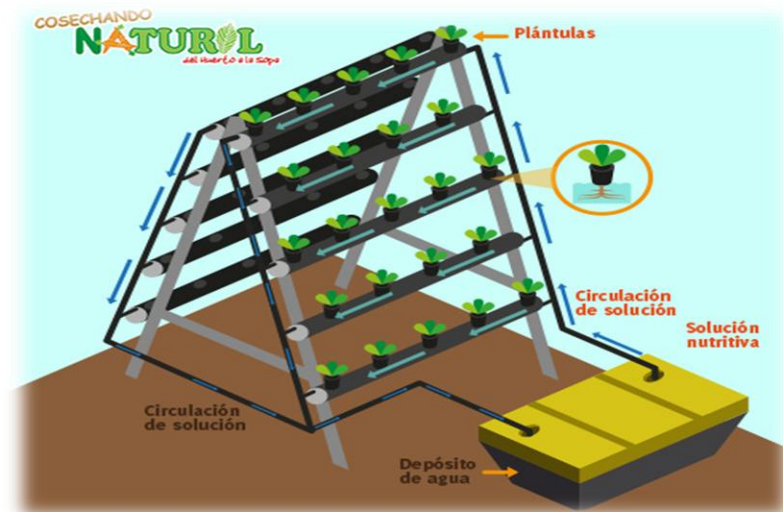


Fig. 13 imagen de flujo laminar. Cosechando natural 2009

2.3 La Siembra De Hortalizas Orgánicas: La producción de hortalizas puede ser por: siembra directa o por trasplante, dependiendo de la especie.

2.3.1 Hortalizas De Siembra Directa

- ✓ La siembra directa se hace en terrenos debidamente preparados, descansados, nivelados, sin piedras y abonados.
- ✓ El guano debe estar bien descompuesto. La cantidad de guano debe ser de 150 a 200 quintales por hectárea.
- ✓ Al sembrar las semillas de hortalizas no debemos hacer surcos hondos, estos deben ser superficiales, porque son semillas pequeñas.
- ✓ Las semillas deben ser mezcladas con ceniza o arena para distribuirlas uniformemente.

Después se debe cubrir la semilla con tierra y proteger con paja para que se mantenga la humedad. Cuando las plantas han nacido se debe retirar la paja y ralear.

2.3.2 Hortalizas De Siembra Indirecta: Algunas hortalizas necesitan cuidados para su germinación y crecimiento inicial (en condiciones controladas de temperatura y humedad), esto se logra en almácigos o semilleros.

2.4 Breve descripción sobre la lechuga

2.4.1 La Lechuga Y Su Historia: En España y América Latina llamamos lechuga a esta hortaliza la palabra castellana se deriva del latín lactuca, cuya raíz lac significa “leche”.

La lechuga salvaje (*lactuca sativa*) se encuentra prácticamente en todo el mundo. Según cuenta Hero doto, la lechuga era consumida por los reyes persas hacia el siglo VI a.c Los sabios griegos le atribuían propiedades medicinales y reconocían su popularidad entre los consumidores. Los romanos la apreciaron tanto, que sus horticultores desarrollaron doce nuevas variedades que integraron rápidamente a su dieta. Para la muestra, basta citar al historiador Plinio, quien cuenta que el emperador Cesar Augusto hizo construir una estatua en honor de las propiedades curativas de la lechuga, después de haberse curado de una grave enfermedad. A través de sus campañas de conquistas, los romanos llevaron sus variedades de lechuga al occidente y norte de Europa.

Durante la edad media, la nobleza y los señores feudales consumían la lechuga cocida, acompañando estofados y platos condimentados con miel y especias. Además, era muy asequible, ya que se cultivaba en las pequeñas huertas familiares de los campesinos, quienes la consumían simplemente hervida o en caldos. La lechuga se cultivó por primera vez en América en la isla Isabella (Bahamas) en 1494. Copyright (2004a).

2.4.2 Al Natural: La lechuga es una hortaliza de hoja perteneciente a la familia de las compuestas. Es una planta anual que requiere de clima relativamente frío para producir buenas hojas y garantizar un buen crecimiento. El clima cálido produce lechugas de sabor amargo, hojas sueltas y mala calidad. Copyright (2004b).

2.4.3 Variedades: Entre las principales variedades se encuentran:

Endivia	Una de las hortalizas de hoja más amargas, por lo que se consume cocinada o con salsas con mucho carácter como la salsa al roquefort.
Hoja de roble	Interesante por su colorido, textura crujiente y sabor dulzón. También existe la hoja de roble verde.
Canónigos	Pequeñas hojas muy interesantes para decoración o en platos con carácter por su sabor ligeramente ácido.
Escarola	Lisa, más delicada, con las hojas parecidas a la lechuga, o la rizada, con las hojas duras y crispadas con los bordes dentados. De sabor muy amargo.
Lollo rosso	Hojas rizadas de color rojizo y sabor ligeramente amargo.
Rúcula	Pequeñas hierbas de sabor ligeramente amargo y ácido, muy común en la gastronomía italiana.

FIG. 14. Mazorriaga A. Mayordomo T, Domenech R (2016) Pre elaboración

2.4.4 Propiedades Nutricionales De La Lechuga: Las propiedades nutricionales varían dependiendo de la variedad de la lechuga, pero en general podemos decir que las lechugas están compuestas en un 95% por agua, tiene pequeñas cantidades de carbohidratos, fibra y proteína vegetal y su contenido en grasa es prácticamente nulo.

En las lechugas encontramos vitaminas como la B9 o folato, vitamina C o ácido ascórbico y vitamina A.

Esta verdura de hoja verde nos aporta minerales como el potasio, el calcio, fósforo, magnesio, yodo y sodio.

Las lechugas tan solo contienen 15 k calorías por cada 100 gramos, por lo que son una opción muy saludable para personas con sobrepeso u obesidad que estén realizando una dieta para adelgazar.

Antiguamente ya se aprovechan de las propiedades relajantes de la lechuga para mejorar el sueño y combatir el insomnio. Además, al ser rica en agua, las lechugas son nuestras aliadas para mantenernos hidratados, estimular la función de los riñones y contribuir a la prevención de infecciones en el sistema urinario.

2.4.5 Consejos para cultivar lechugas:

- **Siembra:** Hay dos opciones a la hora de comenzar con el cultivo, si quieres sembrar desde la semilla debes tener cuidado con no enterrarlas muy profundas porque se dificulta la germinación. No se debe enterrar a más de 4mm. Las semillas de lechuga pueden sembrarse directamente o en semilleros, normalmente esta segunda opción es muy favorable y usada. Deja entre 30 y 50 cm entre semilla y semilla, dependiendo de la variedad, para que tengan suficiente espacio para su desarrollo



FIG. 15: Germinador

- **Trasplante:** Se pueden trasplantar en el lugar definitivo del cultivo una vez que las plántulas tienen entre 7 y 10 hojas.

- **Sustrato:** Esta hortaliza requiere de suelos ricos en materia orgánica y deben ser de buena profundidad para que las raíces puedan crecer correctamente.

- **Luz:** A pleno sol, en zonas muy calurosas podría estar en sombra parcial durante las horas más calurosas del día.

- **Clima:** Esta planta se adapta bien a diferentes tipos de climas. Aguantan temperaturas entre de 5°C, pero se dan en mejores condiciones en temperaturas entre los 12° y los 20°. Si la temperatura es más elevada la planta tiende a espigarse, a dar flores y semillas.

- **Riego:** Las lechugas necesitan de riegos periódicos y frecuentes, por lo tanto, los suelos deben tener buen drenaje y ser ligeros. La tierra debe mantenerse ligeramente húmeda de forma constante sin tener encharcamientos.

- **Plagas:** Las plagas más comunes son caracoles, babosas o limacos.

- **Rotación De Cultivos:** para prevenir plagas y enfermedades, en sucesivos años en los que sigas cultivando lechugas, cambia la ubicación de estas y siémbrales donde previamente hayas sembrado hortalizas de fruto o de raíz.

- **Cosecha:** Dependiendo de la variedad y de las condiciones del cultivo, estarán listas en un periodo de 30 a 60 días. Normalmente se utiliza el sistema de recolección donde solamente se cortan y acarrean las lechugas en campo para ser confeccionadas posteriormente en el almacén y si es de auto consumo se pueden realizar varios cortes de hojas conforme la planta va creciendo.

- **El Almacigo:** Es una cama de tierra allí se colocan las semillas para que germinen y desarrollen hasta el momento del trasplante. Debe ir en un sitio que este cerca a la casa para dar los cuidados que necesite.

Los almacigos se protegen de las heladas; especialmente en los meses de mayo, junio y julio, deben construirse paredes de adobe alrededor del almacigo y se tapa con cubierta de plástico.

Los almacigos requieren suficiente agua para asegurar la germinación y crecimiento inicial.

Temperatura	Clima ideal 15°C -18°C
Temperatura Max:	24°C
Temperatura Min:	7°C
Humedad relativa	60% - 80%
Ph	5.5 – 6
CO2 (concentración del CO2 normal en la atmosfera es del 0.03 %)	Se debe aumentar a límites de 0,1% – 0,2% Nota: concentraciones superiores a 0.3%son toxicas.
Luminosidad	Planta de día largo (más de 12 horas de luz)
Nivel de luminosidad	12.000 – 30.000
Receptor	Fitocromos
Onda de luz que reconoce	Luz roja

FIG. 16. Rangos de las variables para la lechuga en hidroponía

Rango de temperatura óptimo de germinación	4,5 – 27° C
Tiempo aproximado de germinación	6 – 12 días
Número aproximado de semillas / gramo	800
Tiempo desde la germinación al trasplante	12 – 15 días
Tiempo aproximado desde el trasplante a la cosecha	25 – 30 días
Número de plantas en el sistema NFT	28 _32
Conductividad eléctrica de la solución	1,5 – 2,5
Ph	5,5, - 6,5
Periodo de cultivo	Todo el año

FIG. 17. Programa de cultivo para lechugas

2.5 Definición De Las Variables En Biología

2.5.1 ¿Qué es la temperatura?: La temperatura es una magnitud física que indica la intensidad de calor o frío de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente, en general, medido por un termómetro.

El concepto de calor está asociado con las temperaturas altas y el termino frío se asocia con temperaturas bajas.

La temperatura suele medirse en grados Celsius (°C) y también en grados Fahrenheit (°F) o con una unidad de temperatura absoluta como es el Kelvin (K).

El cero absoluto (0K) corresponde a -273, 15°C.

Un ambiente que tiene una temperatura de 40°C transmite la sensación térmica de calor para un ser humano cuanto menor sea el grado de temperatura presentado, mas frío estará el ambiente.

La temperatura ambiente es aquella que puede ser medida en un sitio y momento determinado, sin embargo desde el punto de vista científico se ha tomado como temperatura ambiente la que se encuentra los 20°C y los 25°C, es decir, que el promedio de estas es de 23°C.(Moran M. Shapiro H. 2004)

La temperatura depende del propósito del cultivo y varía entre los 22°C y los 31°C. Staritsky informa que los cultivos son muy sensibles a los cambios de temperaturas. Canephora encontró que temperaturas mayores de 30° provocaron el cese de crecimiento y estos cultivos no se recuperaron. Parafraseado de (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.5.2 ¿Qué es PH?: Es una unidad de medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia.

Se expresa como el logaritmo negativo de base de 10 en la actividad de iones de hidrogeno. Su fórmula se escribe de la siguiente manera:

$$pH = -\log |H + | = \log \frac{1}{|H + |}$$

$$\text{O bien } |H + | = 10 - P H$$

2.5.2.1 ¿Qué significa el nivel de ácido en el PH?: Cuando se obtiene mediante una medida de pH que un producto, sustancia o elemento es ácido, quiere decir que posee una alta o baja cantidad de iones de hidrógeno (dependiendo del nivel). Por su parte, que la medición arroje que una sustancia es alcalina (base), significa que no cuenta con estas concentraciones de iones de hidrógeno; por lo tanto el pH no es más que el indicador del potencial de hidrógenos. (Teijon J., García J., Olmo R., García C., 1996).

2.5.2.2 La escala de medida del pH: Así como para establecer los metros de una tabla, se usa una cinta de medir que posee milímetros, centímetros y metros, igualmente el pH cuenta con su propia escala. De esta forma encontraremos que esta va desde 0 a 14. Alcanzar el 0 es indicador de máxima acidez, por su parte, 14 es el opuesto, base. El punto intermedio es el 7, como su nombre lo indica es el neutral. (Teijon J., García J., Olmo R., García C., 1996).

Ejemplos de ácidos:

- **Ácidos de baterías:** se encuentra entre el 0 y el 1, su nivel de ácido es tan fuerte que es perjudicial para las especies.
- **lluvia ácida:** Es un fenómeno que se produce por la acumulación de ácidos provenientes de fósiles y combustibles. En la escala de ácidos se puede ubicar entre el 5 o 2 aprox., siendo el primero el que cause menor daño (por ejemplo, afectarla reproducción de peces). Ya que alcanzar el 2, puede generar la muerte de especies acuáticas. De la misma forma la flora y fauna más delicada.
- **Jugo de limón:** se ubica entre el 2 y el 3.
- **Café:** está en el 5

Ejemplos de neutro

- Sangre
- Leche

Ejemplos de bases

- **Leche de magnesia:** en la tabla de pH se ubica entre 10 y 11. Este producto es de consumo medicinal.
- **Lejía o cloro:** nivel de alcalinidad 13, se usa para la limpieza del hogar, baños, cocina y tiene el poder de decolorar la ropa.

2.5.2.3 ¿Cómo se mide el pH?: Existe en el mercado de la venta de productos químicos, como las farmacias, un instrumento de fácil uso que se llama papel de tornasol. Se llama así debido a que cambia su color dependiendo de la solución en la que se sumerja, de esta forma los ácidos harán que el papel se vuelva rosa. De la misma manera, cuando se introduzca en una solución básica, se pondrá azul. Este papel se debe dejar unos segundos en contacto con lo que se quiere medir.

Para obtener un resultado más específico en la tabla usando estos mismos papeles de tornasol, existen con niveles, así que se debe seleccionar de forma aproximada el papel con la escala que le corresponde al producto que se medirá. De no conocerlo, tendrá que ser mediante ensayo y error.

Influencia del pH: El pH del medio del cultivo generalmente se ajusta entre 5 y 6. Sus funciones en la regulación fisiológica son importantes:

- condiciona cuales sales permanecen en estado soluble.
- Influye en la asimilación de nutrimentos del medio.
- En general, un pH alto altera la gelificación del medio, un pH bajo no permite que el medio se solidifique. (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.5.3 ¿Qué es la luz?: La luz es algo tan cotidianos... está tan a nuestro alcance y es tan sencillo abrir una ventana o accionar una perilla cada vez que necesitamos luz, que no se nos ocurre comúnmente preguntarnos qué es y cómo se comporta.

La luz es forma de energía que nos permite ver lo que nos rodea. Es toda radiación electromagnética que se propaga en formas de ondas en cualquier espacio, esta es capaz de viajar a través del vacío a una velocidad de aproximadamente 300.000 k por segundo. La luz también es conocida como energía luminosa. Existen diferentes fuentes de luz que las podemos clasificar en naturales y artificiales. El sol es la principal fuente natural e importante de luz sobre la tierra. En cuanto a las fuentes artificiales se estaría hablando de la luz eléctrica de una bombilla, la luz de una vela, de las lámparas de aceite, entre otras.

La luz es emitida por sus fuentes en línea recta y en todas direcciones y se difunde en una superficie cada vez mayor a medida que avanza. Si algo en su camino la estorba se forma una sombra en el sitio en donde no pasa luz; por ejemplo, en los cuerpos opacos, la luz tiende a pasar con facilidad a través del vidrio o del agua.

Al igual que todas las ondas, la luz experimenta los fenómenos de reflexión y refracción. La reflexión de luz es el cambio que experimenta el rayo luminoso cuando incide sobre la superficie de separación de dos medios distintos sin abandonar el medio por el cual se propaga. Los espejos reflejan la luz de manera normal, la luz rebota en la misma forma que llega y como resultado se puede ver una imagen en el espejo.

La refracción de la luz es el cambio de dirección de un rayo de luz al pasar de un medio a otro de distinta densidad, a través del cual viaja a diferente velocidad. Los lentes son piezas de vidrio que trabajan refractando la luz.

La luz tiene un efecto importante para todos, gracias a ella podemos ver los objetos, nuestros compañeros, las señales y símbolos, entre otras cosas. La luz puede hacer cambiar las propiedades de los cuerpos; por ejemplo, una hoja de papel blanco al exponerse en un determinado tiempo a la luz del sol, se pone amarillenta.

La luz permite a las plantas y a los animales desarrollar procesos para obtener energía, los seres humanos, además, hemos aprendido a utilizarla para alcanzar una mejor forma de vida, la aprovechamos para calentar nuestra vivienda, cocinar, etc. Parfraseado de Canestro E., (2009)

Muchos estudios han demostrado que la luz juega un papel importante en la organogénesis, a pesar de que no es necesaria para la fotosíntesis en los cultivos. Es probable que el efecto de la luz sobre la inducción de la organogénesis se deba, directa o indirectamente, al incremento en la acumulación de almidón en células específicas, durante el proceso fotosintético. Los efectos de la luz pueden dividirse en fotoperiodo, intensidad lumínica y longitud de onda.

Fotoperiodo: Se ha detectado que el fotoperiodo afecta la formación de yemas. Periodos cortos o largos de luz reducen la diferenciación de yemas. El fotoperiodo efectivo para la morfogénesis varía entre los diferentes géneros.

Intensidad lumínica: Murashige afirma que la intensidad lumínica óptima de los cultivos in vitro difiere de la que puede necesitar las plantas en condiciones normales de crecimiento (campo). También se encontró que la intensidad lumínica afecta el tipo de crecimiento de los ex plantas.

Es importante medir la intensidad de la luz en un invernadero o en el lugar donde ubiquemos el cultivo, ya que de esta dependerá un mejor desarrollo del mismo.

No todas las plantas responden igual a la intensidad de la luz, el hecho de que una planta sea de días largos no quiere decir que deba estar en un lugar donde la intensidad de luz es de 100,000 lx (luz del sol en un día despejado),

algunas plantas de días largos como la lechuga se desarrollan mejor entre 10,000 y 40,000 lx, por lo que colocar una protección, como un plástico o una malla sombra en un invernadero, para disminuir la intensidad de luz es muy importante.

De la misma manera cuando el cultivo, por la ubicación o el lugar donde vivimos, no recibe la intensidad de luz adecuada, es necesario ubicarlo en un lugar con mayor iluminación o si es necesario colocar focos de entre 200 y 400w, para satisfacer las necesidades de iluminación.

Longitud de onda: los principales pigmentos involucrados en la fotosíntesis, clorofilas a y b, tienen sus espectros de absorción en las longitudes de onda del rojo y el azul. Por esto, la luz roja y azul son necesarias para la fotosíntesis. Existen diferentes tipos de luces fluorescentes, por ejemplo, los del tipo “plant light gro&sho” de la general electric, que emiten luces cuyas longitudes de onda corresponden al rojo y al azul. (Berrios A., Berthouly M., 1987).

2.5.4 ¿Qué es humedad?: Tiene origen en el vocablo latino humiditas, permite resaltar la condición de húmedo (es decir, que forma parte de la naturaleza del agua o que demuestra estar impregnado de ella u otro líquido). La humedad, por lo tanto, puede hacer mención al agua que se ha pegado a un objeto o que esta vaporizada y combinada con el aire.

La humedad ambiental, según la misma expresión permite suponerlo, está asociada al nivel del vapor de agua que está presente en el aire. Cabe resaltar que es posible expresar esta cantidad *como humedad absoluta o humedad relativa*.

Humedad relativa: Se indica que porcentaje de vapor de agua hay en el aire bajo condiciones actuales. Si se dice que la humedad ambiental relativa es del 90% se está haciendo referencia a que, del total de vapor de agua que podría llegar a encontrarse en el aire a la temperatura actual, tiene el 90%. Resulta importante resaltar que el fenómeno de la humedad puede transformarse en un problema importante dentro de los hogares. Cuando hay en el ambiente un nivel elevado de humedad, puede crecer moho en las paredes y el techo, lo que implica un riesgo para la salud. La humedad ambiental también puede dañar los muebles y los electrodomésticos.

Si, por algún escape de agua o filtración, la pared absorbe humedad, veremos cómo crece una mancha y se descascara la pintura.

2.5.4.1 La importancia de la humedad en el suelo para sembrar: A la hora de decidir sembrar, es sumamente importante tener en cuenta las

propiedades del suelo y fundamentalmente, su humedad. Esta permitirá que las plantas crezcan sanas y ofrezcan frutos de una buena calidad.

A fin de que su trabajo cada vez lleve a mejores resultados, los agricultores ponen en práctica una serie de preocupaciones para evitar que sus cosechas sean malas, una de ellas sirve para mantener la humedad en el suelo en periodos de sequía. Es importante señalar que tener ciertas nociones del manejo del suelo es fundamental para conseguir resultados satisfactorios en las cosechas. (Giancoli D. 2006).

2.5.5 ¿Qué es el CO₂?: El dióxido de carbono (formula química CO₂) es un gas incoloro, inodoro y vital para la vida en la tierra. Aunque tradicionalmente también se conoce como anhídrido carbónico, este nombre está en desuso y debe evitarse su utilización. Este compuesto químico encontrado en la naturaleza está compuesto de un átomo de carbono unido con sendos enlaces covalentes dobles a dos átomos de oxígeno. El CO₂ existe en la atmosfera de la tierra como gas traza a una concentración de alrededor de 0.04% (400ppm) en volumen. Fuentes naturales incluyen volcanes, aguas, termales, geiseres y es liberado por rocas carbonatadas al diluirse en agua y ácidos. Dado que el CO₂ es soluble en agua, ocurre naturalmente en aguas subterráneas, ríos, lagos, campos de hielo, glaciares y mares. Está presente en yacimiento de petróleo y gas natural.

El CO₂ atmosférico es la principal fuente de carbón para la vida en la tierra y su concentración pre-industrial desde el precámbrico tardío era regulada por los organismos fotosintéticos y fenómenos geológicos. Como parte del ciclo del carbono, las plantas, algas y cianobacterias usan la energía solar para fotosintetizar carbohidratos a partir de CO₂ y agua, mientras que el O₂ es liberado como desecho. Las plantas producen CO₂ durante la respiración.

El dióxido de carbono es un importante gas de efecto invernadero. La quema de combustibles de carbono desde la revolución industrial ha aumentado rápidamente su concentración en la atmosfera, lo que ha llevado a un calentamiento global. Es además la principal causa de acidificación de océano. Ya que se disuelve en el agua para formar ácido carbónico. (Ralph B. 2003).

2.6 ¿Qué es un sistema automatizado?: La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Lo que produce mayor rapidez de ejecución, mejor regulación de los resultados y evita al hombre tareas penosas y repetitivas.

Estos sistemas constan de dos partes principales:

La Parte operativa: es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de la máquinas como motores, cilindros, compresores... y los adaptadores como fotodiodos, finales de carrera

La PO comprende:

-*parte mecánica (herramientas, móvil, etc.),*

-*accionadores:* denominados también órganos motores, que transforman las señales originadas en la parte comando en acción (desplazamiento del carro, rotación de la broca, etc.),

-*captadores:* que comunican a la parte comando las informaciones sobre la posición de los móviles, velocidades, presencia de piezas.

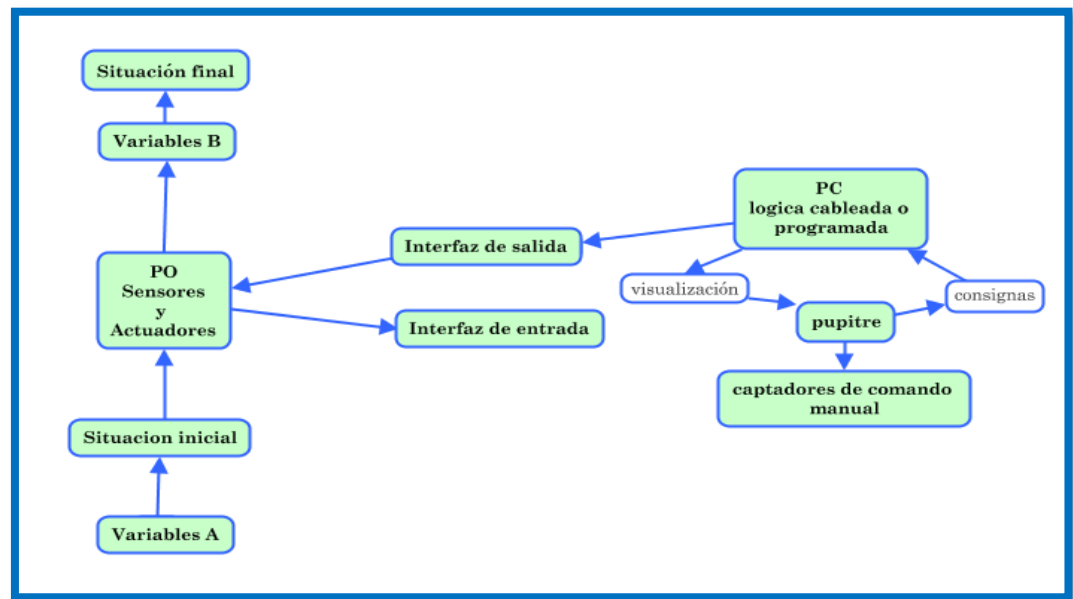


FIG. 18: Estructura de un sistema automatizado. Técnicas graficas en productiva. (Eduardo A. Arbones M, 1992).

La parte del comando: También designada parte del tratamiento de la información. Agrupa todos los componentes del tratamiento de la información utilizada para el funcionamiento de la PO.

La PC se realiza basándose en técnicas: cableada, electromagnética, electrónica o neumática programada (autómatas programables, microprocesadores).

Estas dos partes están vinculadas a un tercer elemento, la parte operador o pupitre.

- **El pupitre** permite al operador intervenir sobre el modo de funcionamiento del automatismo, las regulaciones de velocidades y de carreras, los paros de urgencia. Etc.

- Estas partes pueden ser de tecnología diferente: para vincularlas es necesario utilizar órganos de adaptación llamados interfaces. (Eduardo A. Arbones M, 1992).

2.6.1 Objetivos de la automatización:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo integra la gestión y producción. (Mandado E., Acevedo M., Fernández C. 2009).

2.6.1.1Tecnologías programadas: los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas.

Los equipos realizados para este fin son:

-El ordenador, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero al mismo tiempo y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

-Un autómeta programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador.

2.6.1.2 Tecnologías cableadas: Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlo.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómetas industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- Relés electromagnéticos.
- Módulos lógicos neumáticos.
- tarjetas electrónicas. (Mandado Y, 2007)

2.7 ¿Qué es la programación?: Se conoce como programación de computadores a la implementación de un algoritmo en un determinado lenguaje de programación, conformando un programa. Mientras que un algoritmo se ejecuta en una maquina abstracta que no tiene limitaciones de memoria o tiempo, un programa se ejecuta en una maquina real, que sí tiene esas limitaciones. El lenguaje de programación puede ser de alto nivel, medio nivel o bajo nivel, en función del grado de abstracción. (Vásquez P, Gómez J, Molinero X, Martin A, 2006).

Se han propuesto diversas técnicas de programación, cuyo objetivo es mejorar tanto el proceso de creación de software como su mantenimiento. Entre ellas se pueden mencionar la programación lineal, estructurada, modular y orientada a objetos.

2.7.1 Programación e ingeniería del software: Existe una tendencia a identificar el proceso de creación de un programa informático con la programación,

que es cierta cuando se trata de programas pequeños para uso personal, y que dista de la realidad cuando se trata de grandes proyectos.

El proceso de creación de un software desde el punto de vista de la ingeniería tiene los siguientes pasos:

1. Reconocer la necesidad de un programa para solucionar un problema o identificar la posibilidad de automatización de una tarea.
2. Recoger los requisitos del programa. Debe quedar claro que es lo que debe hacer el programa y para que se necesita.
3. Realizar el análisis de los requisitos del programa. Debe quedar claro cómo debe realizar el programa las cosas que debe hacer. Las pruebas que comprueben la validez del programa se pueden especificar en esta fase.
4. Diseñar la arquitectura del programa. Se debe descomponer el programa en partes de complejidad abordable.
5. Implementar el programa. Consiste en realizar un diseño detallado, especificando completamente todo el funcionamiento del programa, tras lo cual la codificación debería resultar inmediata.
6. Implantar (instalar) el programa. Consiste en poner el programa en funcionamiento junto con los componentes que pueda necesitar (base de datos, redes de comunicaciones, etc.). (Vásquez P, Gómez J, Molinero X, Martín A, 2006).

2.7.2 Objetivos de la programación: La programación de ordenadores debe perseguir tres pasos:

- *Corrección:* un programa es correcto si hace lo que debe hacer. Para determinar si un programa hace lo que debe es muy importante especificar claramente que debe hacer el programa antes de desarrollo y una vez acabado comparado con lo que realmente hace.
- *Claridad:* es muy importante que el programa sea lo más claro y legible posible para mejorar el mantenimiento del software. Cuando se acaba de escribir el código del programa, se deben buscar errores y corregirlos. Más concretamente, cuando el programa está concluido, es necesario hacerle ampliaciones o modificaciones, según la demanda de los usuarios, esta labor puede ser llevada a cabo por el mismo programador que implemento el programa o por otros.
- *Eficiencia:* debe consumir la menor cantidad de recursos posibles. Normalmente al hablar de eficiencia se suele hacer referencia al consumo de tiempo y/o memoria. (Vásquez P, Gómez J, Molinero X, Martín A, 2006).

2.8 ¿Qué es Arduino?: Una placa *hardware libre* que incorpora un micro controlador reprogramable y una serie de pines-hembra (los cuales están unidos internamente a las patillas de E/S del micro controlador) que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores.

Si se habla de placa de “placa hardware” hacemos referencia a una PCB (de las ingles “printed circuit board”, o sea, placa de circuito impreso. Las PCBs son superficies fabricadas de material no conductor, sobre las cuales aparecen pegadas pistas de material conductor (normalmente cobre). Las PCBs se utilizan para conectar eléctricamente, a través de los caminos conductores, diferentes componentes electrónicos soldados a ella. Una PCB es la forma más compacta y estable de construir un circuito electrónico, una vez fabricada, su diseño es bastante difícil de modificar. Así pues, la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna. (Torrente O. 2013)

En el 2003 Hernando Barragán, estudiante en ese tiempo del Instituto de diseño de Ivrea (lugar donde surgió la placa arduino en 2005) creó como proyecto personal una placa de hardware llamada Wiring quien fue la inspiradora del diseño hardware de la placa Arduino.

2.8.1 Cómo conectar nuestro computador con la placa Arduino:

El entorno de desarrollo o software gratis, libre y multiplataforma (porque funciona en LINUX, macos y Windows) que hay que instalar en el ordenador y que nos permite escribir, verificar y guardar (“cargar”) en la memoria del micro controlador de la placa arduino es el conjunto de instrucciones que deseamos que este empiece a ejecutar. Nos permite programarlo. La manera estándar de conectar nuestro computador con la placa arduino para enviar y grabar dichas instrucciones es mediante un cable USB, gracias a que casi todas las placas de arduino incorporan un conector de este tipo.

2.8.2 Un proyecto Arduino puede ser autónomo o no:

Si un proyecto Arduino es autónomo después de programado su micro controlador, la placa no necesita estar conectada a ningún computador y puede funcionar autónomamente si dispone de alguna fuente de alimentación.

Si no es autónomo la placa debe estar conectada de alguna forma permanente (por cable USB, por cable de red Ethernet, etc.) a un computador ejecutando algún software específico que facilite la comunicación entre este y la placa y el intercambio de datos entre ambos dispositivos. Este software específico lo debemos programar generalmente nosotros mismos mediante algún lenguaje

de programación estándar como Python, C, Java, php, etc., y será independiente completamente del entorno de desarrollo Arduino, esté ya no necesitará más cuando la placa este programada y en funcionamiento.

2.8.3 Lenguaje de programación libre: Lenguaje de programación o idioma artificial: diseñado para expresar instrucciones (siguiendo reglas sintácticas) que pueden ser ejecutadas por máquinas. En el lenguaje arduino, encontramos elementos parecidos a otros lenguajes de programación existentes, así como diferentes comandos, llamados órdenes o funciones, que nos permiten especificar de forma coherente y sin errores las instrucciones exactas que queremos programar en el micro controlador de la placa. (Parafraseado de Torrente O. 2013)

2.8.4 Placas: Arduino galileo16, Arduino uno, Arduino Leonardo, Arduino due, Arduino yún, Arduino tre (en desarrollo), Arduino zero, Arduino micro, Arduino explora, Arduino mega adk, Arduino ethernet, Arduino mega 2560, Arduino robot, Arduino mini, Arduino nano, lilypad Arduino simple, lilypad Arduino simplesnap, lilypad Arduino, lilypad Arduino usb, Arduino pro mini, Arduino fio, Arduino pro, Arduino mkr1000/genuino mkr1000, Arduino micro/genuino micro, Arduino 101/genuino 101, Arduino gemma. Placas de expansión (shields).

2.9 Sensores: Imitan la capacidad de percepción de los seres humanos, por ello es cada vez más usual encontrarlos incorporados a cualquier área tecnológica. Debido a esta característica de imitar la percepción humana, podemos encontrar sensores relacionados con los diferentes sentidos: vista, oído, tacto, es decir, que reaccionan a la luz, el sonido, el contacto, etc. De igual manera que nuestro cerebro reacciona a la información que recibe de nuestros sentidos, los dispositivos que incorporan sensores reaccionaran a la información que reciben de ellos los sensores son por tanto dispositivos electrónicos que nos permiten interactuar con el entorno, de forma que nos proporcionan información de ciertas variables que nos rodean para poder procesarlas y así generar ordenes o activar procesos.

Echar una mirada a nuestro alrededor nos hará descubrir que se han convertido en algo cotidiano y que los encontramos en innumerables aparatos domésticos: mandos a distancia, sistemas de alarmas y seguridad, electrodomésticos, domótica, etc. De igual manera están presentes en automóviles, telefonía móvil, medicina y por supuesto en los procesos de automatización industriales.

Con la incorporación de la sensórica a los sistemas electrónicos se les ha dotado de cierta “inteligencia” artificial, ya que a través de la información que proporcionan, y una vez procesada convenientemente, permiten tomar con precisión y rapidez las mejores decisiones dentro del cometido para el que están diseñados dichos sistemas electrónicos.

2.9.1 Clasificación: Dada la gran cantidad de sensores que existen, se hace necesario clasificarlos para así poder entender mejor su naturaleza y funcionamiento. No obstante esta tarea no es fácil, por lo que existen varios tipos de clasificaciones.

2.9.1.1 Atendiendo a su funcionamiento:

- **Activos:** Requieren de una fuente externa de energía de la que recibir alimentación de corriente para su funcionamiento.
- **Pasivos:** No requieren de una fuente de energía externa, sino que las propias condiciones medioambientales son suficientes para que funcionen según su cometido.

2.9.1.2 Atendiendo a las señales que proporcionan:

- **Analógicos:** Proporcionan la información mediante una señal analógica (tensión, corriente), es decir, que pueden tomar infinidad de valores entre un mínimo y un máximo.
- **Digitales:** Proporcionan la información mediante una señal digital que puede ser un “0” o un “1” lógicos, o bien un código de bits.

2.9.1.3 Atendiendo a la naturaleza de su funcionamiento:

- **Posición:** Son aquellos que experimentan variaciones en función de la posición que ocupan en cada instante los elementos que lo componen.
- **Fotoeléctricos:** Son aquellos que experimentan variaciones en función de la luz que incide sobre los mismos.
- **Magnéticos:** Son aquellos que experimentan variaciones en función del campo magnético que les atraviesa.
- **Temperatura:** Son aquellos que experimentan variaciones en función de la temperatura del lugar donde están ubicados.

- **Humedad:** Son aquellos que experimentan variaciones en función del nivel de humedad existente en el medio en que se encuentran.
- **Presión:** Son aquellos que experimentan variaciones en función de la presión a que son sometidos.
- **Movimiento:** Son aquellos que experimentan variaciones en función de los movimientos a que son sometidos.
- **Químicos:** Son aquellos que experimentan variaciones en función de los agentes químicos externos que pudieran incidir sobre ellos.

2.9.1.4 Atendiendo a los elementos utilizados en su fabricación:

- **Mecánicos:** Son aquellos que utilizan contactos mecánicos que se abren o cierran.
- **Resistivos:** Son aquellos que utilizan en su fabricación elementos resistivos.
- **Capacitivos:** Son aquellos que utilizan en su fabricación condensadores.
- **Inductivos:** Son aquellos que utilizan en su fabricación bobinas.
- **Piezoeléctricos:** Son aquellos que utilizan en su fabricación cristales como el cuarzo.
- **Semiconductores:** Son aquellos que utilizan en su fabricación semiconductores. (Serna A., Ros F., Rico J. 2010)

2.9.2 Características:

A la hora de elegir un sensor para una aplicación concreta, es necesario tener en cuenta determinados aspectos para obtener un mejor rendimiento dentro de dicha aplicación:

MAGNITUD A MEDIR	CARACTERISTICAS DE SALIDA
- Margen de medida	- SENSIBILIDAD
- Resolución	- TIPO: tensión, corriente, frecuencia.
- Exactitud deseada	- Forma señal: unipolar, flotante, diferencial
- Estabilidad	- Impedancia
- Ancho de banda	- Destino: presentación análoga Conversión digital Tele medida ¿tipo?
- Tiempo de respuesta	
- Limites absolutos posibles De la magnitud a medir	
- Magnitudes interferentes	
Características de alimentación	
-tensión	-Margen de temperatura
-corriente	-Humedad
-potencia disponible	-Vibraciones
-Frecuencia (si alterna)	-Agentes químicos
-estabilidad	-¿atmosfera explosiva?
	Entorno electromagnético
Otros factores	
Peso	- Longitud de cable necesario
Dimensiones	- Tipo de conector
Vida media	- Situación en caso de fallo
Coste de adquisición	- coste de verificación
Disponibilidad	- Coste de mantenimiento
Tiempo de instalación	- Coste de sustitución

FIG. 19: Factores a considerar en la elección de un sensor. (Pallas R, 2004)

Aplicación	Sensores
Iluminación	Fotorresistivos (LDR), fotoeléctricos
Temperatura	Termistores (PCT, NTC, semiconductores)
Humedad	Resistivos, capacitivos
Posición / inclinación	Mecánicos, resistivos, acelerómetros, magnéticos.
Presencia	Magnéticos, infrarrojos, ultrasonidos
Distancia	Infrarrojos, ultrasonidos
Presión	Piezoeléctricos, resistivos
Caudal	Piezoeléctricos, magnetorresistivos.
Frio/calor	Células termoeléctricas (peltier)
Químicos	Detectores de gas y humo.

FIG. 20: Tipo de sensores que habitualmente más se utilizan en función de la aplicación.
(Serna A., Ros F., Rico J. 2010)

2.9.3 Sensor de temperatura: Los sensores de temperatura se utilizan en diversas aplicaciones tales como aplicaciones para la elaboración de alimentos, climatización para control ambiental, dispositivos médicos, manipulación de productos químicos y control de dispositivos en el sector automotriz. Los sensores de temperatura se utilizan para medir el calor para asegurar que el proceso se encuentre, o bien dentro de un cierto rango, lo que proporciona seguridad en el uso de la aplicación, o bien en cumplimiento de una condición obligatoria cuando se trata de calor extremo, riesgos, o puntos de medición inaccesibles.

Hay dos variedades principales: sensores de temperatura con contacto y sin contacto. Los sensores de contacto incluyen termopares y termistores que hacen contacto con el objeto a medir, y los sensores sin contacto se encargan de medir la radiación térmica emitida por una fuente de calor para determinar su temperatura. Este último grupo mide la temperatura a distancia y a menudo se utilizan en entornos peligrosos. (Mathas C. 2011)

2.9.3.1 Tipos de sensores de temperatura:

2.9.3.1.1 Termopares (TC): Es un par de empalmes o uniones que se forman a partir de dos metales distintos. Un empalme representa una temperatura de referencia y el otro representa la temperatura a medir. Los mismos funcionan cuando una diferencia de temperatura provoca un voltaje (efecto seebeck) que

depende de la temperatura, y que el voltaje es convertido, a su vez, en una lectura de la temperatura. Los termopares se usan porque son económicos, resistentes y confiables, no requieren una batería, y pueden ser utilizados en una amplia gama de temperaturas. Los termopares pueden conseguir un buen rendimiento de hasta 2.750°C y pueden incluso ser usados por periodos cortos a temperaturas de hasta 3.000°C y tan bajas como -250°C.

Las fortalezas y desafíos de los termopares incluyen:

- Miden su propia temperatura.
- La temperatura del objeto se debe inferir, y el usuario debe asegurarse de que no hay flujo de calor entre ellos.
- Son propensos a errores de lectura de la temperatura después de un uso prolongado. ¿Razones? Si el aislamiento de los cables pierde resistencia de los cables pierde resistencia debido a la humedad o las condiciones térmicas, o si hay interferencias químicas, mecánicas o de radiación nuclear en el entorno.
- Son conductores eléctricos por lo que no pueden ponerse en contacto con otra fuente de electricidad.
- No miden en los empalmes.
- Estos dispositivos reaccionan rápidamente si se los compara con termómetros de resistencia.

2.9.3.1.2 Termistores: Como los termopares, también son sensores de temperatura económicos y fácilmente disponibles, fáciles de usar y adaptables. Se utilizan, sin embargo, para realizar sencillas mediciones de temperatura en lugar de para aplicaciones a alta temperatura. Están realizados de material semiconductor con una resistividad que es especialmente sensible a la temperatura. La resistencia de un termistor disminuye con el incremento de la temperatura para que cuando ocurran cambios de temperatura, el cambio de la resistencia sea predecible. Son muy utilizados como limitadores de corriente de irrupción, sensores de temperatura, protectores contra sobre cargas de reinicio automático, y elementos de calentamiento autorregulados.

Los termistores difieren de los detectores de temperatura resistiva (RTD) en que:

- En que el material que se utiliza en RTD es metal puro.
- La respuesta térmica de los dos es diferente.

Los termistores se pueden clasificar en dos tipos, según el signo de k esta función se refiere a la ecuación de termistor Steinhart-Hart para convertir la resistencia del termistor en temperatura en grados kelvin. Si el K es positivo, la

resistencia aumenta con el incremento de la temperatura, y el dispositivo se denomina termistor con coeficiente de temperatura positivo (PTC). Si el K es negativo, la resistencia disminuye con el aumento de temperatura, y el dispositivo se denomina coeficiente de temperatura negativo (CNT).

2.9.3.1.3 Detectores de temperatura resistiva (RTD): Son sensores de temperatura con una resistencia que cambia el valor resistivo simultáneamente con los cambios de temperatura. Precisos y reconocidos por la repetitividad y estabilidad, los RTD se pueden utilizar con una amplia gama de temperaturas, desde -50°C a 500°C de para las variedades de película delgada y desde -200°C a 850°C para la variedad de hilo bobinado.

Los elementos de los RTD de película delgada cuentan con una delgada capa de platino sobre un sustrato. Se crea un diseño que ofrece un circuito eléctrico que es ajustado para darle una resistencia específica. Se conectan los cables principales, y se recubre el conjunto para proteger tanto la película como las conexiones. En comparación, los elementos de hilo bobinado o bien son bobinas de alambre empaquetadas en un tubo de vidrio o cerámica, o se pueden bobinar alrededor de material de vidrio o cerámica.

Los RTD alcanzan mejor precisión que los termopares, así como buenas condiciones de intercambiabilidad. También son estables a largo plazo. Con tales capacidades de alta temperatura, a menudo son utilizados en entornos industriales. Se logra mejorar la estabilidad cuando los RTD son fabricados en platino, el cual no se ve afectado por la corrosión y la oxidación.

2.9.3.1.4 Sensores infrarrojos: Se utilizan para medir las temperaturas en superficie que van desde -70°C a 1000°C convierten la energía térmica enviada desde un objeto en un rango de longitud de onda de 0.7 a 20 μm compensar para cualquier temperatura ambiente.

Estos sensores se utilizan para medir la temperatura cuando:

- No pueden utilizarse termopares o sondas.
- Si el objeto de destino está en movimiento (sobre rodillos, maquinaria en movimiento, cintas transportadoras).
- Si el objeto de destino está en el vacío.
- Si existe riesgo de alto voltaje.
- Si las distancias son muy extensas.
- Si las temperaturas son demasiado altas para sensores de contacto.

- Cuando se requiere una respuesta rápida.

Cuando se selecciona una opción de infrarrojos, las consideraciones críticas incluyen campo de visión (ángulo de visión), emisividad (relación de la energía irradiada por un objeto con la energía emitida por un radiador perfecto a la misma temperatura), respuesta espectral, rango de temperatura y montaje.

El rango de voltaje de un sensor infrarrojo está especificado de -40°C a 125°C para permitir el uso en una gran variedad de aplicaciones. El bajo consumo de energía junto con el bajo voltaje operativo hacen que la pieza sea ideal para aplicaciones con alimentación a batería. La baja altura del paquete del formato de escala de chip permite métodos estándar de ensamble de alto volumen y puede ser útil cuando hay espacio limitado en el objeto medido.

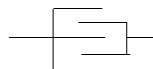
El uso de cualquier tipo de sensores con o sin contactos requiere supuestos básicos e interferencias cuando se utilizan para medir la temperatura. Por lo tanto, es importante leer las hojas de datos cuidadosamente y asegurarse de comprender los factores decisivos para estar seguro de que la temperatura real es la misma que la temperatura indicada. (Mathas C. 2011)

2.9.4 Sensor de humedad: Se basan en el agua no es un material aislante como el aire sino que tiene la conductividad eléctrica; por esta razón el reglamento de baja tensión prohíbe la presencia de tomas de corriente próxima al agua.

Por lo tanto un par de cables eléctricos desnudos (sin cinta aislante recubriéndolos) van a conducir una pequeña cantidad de corriente si el ambiente es húmedo; si colocamos un transistor en zona activa que amplifique esta zona tendremos un detector de humedad.

Los sensores de humedad se aplican para detectar el nivel de líquido en un depósito, o en sistema de riego para detectar cuando las plantas necesitan agua y cuando no.

Se representan con este símbolo:



2.9.5 Sensor de pH: El principio de medida de un sensor de pH se basa en un vidrio sensible al pH. Cuando el vidrio entra en contacto con un líquido, se forma en la superficie una capa delgada de gel hidratado lo cual permite el intercambio de iones entre la superficie del vidrio y el líquido. En la superficie del

vidrio se forma el denominado potencial de Nernst. Si ambas caras del vidrio están en contacto con los líquidos, puede detectarse una tensión entre los potenciales de las dos superficies. Dicha tensión guarda correlación con la diferencia en la concentración de iones H^+ y por consiguiente, con la diferencia de los valores de pH en cambios líquidos.

El electrodo que mide el pH contiene una solución amortiguadora interna que tiene un valor de pH conocido. Si el valor de pH del producto de medida en el exterior del electrodo es igual al valor de pH de la solución amortiguadora interna, la tensión resultante es de 0V.

Si el valor de pH del producto difiere del valor de pH interno, se puede medir una tensión entre la capa interna y externa. A partir de la tensión resultante, se puede calcular la diferencia de pH entre los dos líquidos.

La tensión se mide con un electrodo de medida y un electrodo de referencia, ambos incorporados en el sensor. El electrodo de medida está en contacto con la solución amortiguadora conocida en el bulbo de vidrio sensible al pH. El electrodo de referencia está sumergido en una solución saturada de cloruro de potasio (KCL). La misma solución de KCL está en contacto con el producto de medida por medio de un diafragma. El diafragma impide que el producto de medida penetre en el sistema de referencia, pero permite el contacto eléctrico con el producto de medida.

El cambio de tensión de un sensor de pH a $25^{\circ}C / 77^{\circ}F$ es aproximadamente de 59 mV por unidad de p. esto se denomina también “la pendiente” del sensor de pH. La pendiente depende de la temperatura y disminuye a lo largo de la vida del sensor.

Para compensar la dependencia de la temperatura de la medida de pH, se puede medir la temperatura del producto y la misma se puede compensar automáticamente en el convertidor de señal. (Optisens pH. 2012)

2.9.6 Sensor de luminosidad: Detectan el nivel de luz que hay en el interior de una vivienda.

Se utilizan para controlar diferentes circuitos eléctricos en función de la luz ambiente. Por ej.: el encendido y apagado automático de lámparas, subida y bajada de persianas, etc.

Entre los diferentes modelos de sensores de luminosidad destaca el denominado interruptor crepuscular, que es un dispositivo electrónico que permite gestionar cargas eléctricas en función de la luz del sol. Esta característica lo hace

especialmente útil para la gestión de energía en circuitos de alumbrado público y sistemas de iluminación (o de otro tipo) que se activen automáticamente al llegar el crepúsculo. Diseñado con materiales muy resistentes que le permiten trabajar en intemperie, en condiciones climatológicas adversas.

Su conexión es similar a la vista para otros detectores. Debe ser alimentado por la red eléctrica y dispone de un contacto de utilización para la carga. (Martín J. 2010)

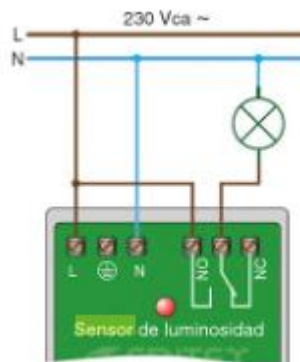


Fig. 14 Conexión de un sensor de luminosidad. . (Martín J. 2010)

2.9.7 Sensor de dióxido de carbono: El dióxido de carbono es un gas muy venenoso y que, al ser incoloro e inodoro, es difícil de detectar. La instalación de este tipo de sensores es necesaria en aquellos lugares con alto riesgo de concentración del gas.

Deben instalarse del suelo a una distancia mínima de 1.5 m, y como máximo a 1.9m como otros detectores de gas, además del disparo de un contacto eléctrico, disponen de un sistema acústico de señalización.

Se utilizan en aplicaciones de seguridad técnica en viviendas y edificios, siendo su conexión eléctrica idéntica a la vista para los detectores de humo y fuego.

2.10 Actuadores: Es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

2.10.1 Los elementos de un actuador se dividen en:

- **Accionamiento:** Elemento que produce el movimiento.
- **Control:** La unidad de control se encarga de dar las órdenes necesarias al actuador para que este realice un determinado movimiento.
- **Transmisiones:** Se encargan de transmitir el movimiento del actuador a las articulaciones.
- **Reductores:** Estos elementos se encargan de adecuar el par y la velocidad del actuador a los valores requeridos para el movimiento de los distintos elementos.

2.10.2 Según el tipo de energía empleada, los actuadores se dividen en:

• **Neumáticos:** la fuente de energía es el aire. Entre este tipo de actuadores destacan los cilindros neumáticos, que pueden ser de simple o doble efecto, los motores neumáticos, formados por paletas rotativas o pistones axiales y las válvulas neumáticas y electro neumáticas. Los actuadores neumáticos presentan las ventajas de que son baratos, rápidos, sencillos y muy robustos; pero requieren instalaciones especiales, son muy ruidosos y difíciles de controlar.

• **Hidráulicos:** la fuente de energía es un fluido, normalmente algún tipo de aceite mineral. Entre los actuadores hidráulicos destacan los cilindros hidráulicos de simple o doble efecto, motores hidráulicos de paletas rotativas o de pistones axiales y las válvulas hidráulicas y electrohidráulicas. Los actuadores hidráulicos presentan las ventajas de que son rápidos, tienen una alta relación potencia/peso son auto lubricantes, tienen alta capacidad de carga y presentan estabilidad frente a cargas estáticas. Requieren instalaciones especiales, son de difícil mantenimiento y resultan poco económicos.

• **Eléctricos:** la fuente de energía es la electricidad. Hay tres grandes grupos de actuadores eléctricos: los motores de corriente continua, controlados por inducido o controlados por excitación, los motores de corriente alterna (síncronos y asíncronos) y los motores paso a paso, entre los que destacan los motores de imanes permanentes, de reluctancia variable o híbridos. Los actuadores eléctricos son muy precisos y fiables, son silenciosos, su control es sencillo y son de una fácil instalación. Su mayor inconveniente es que son de potencia limitada.

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento. (Somolinos J. 2002).

CAPITULO III

IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA FÍSICA DEL SISTEMA HIDROPÓNICO NFT

PLACA ARDUINO LEONARDO

SENSORES A UTILIZAR

ACTUADORES A UTILIZAR

DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

PRUEBAS Y RESULTADOS

3. Diseño de la estructura física del sistema hidropónico NFT: Aquí se explica fácilmente el sistema de cultivo llamado hidroponía NFT, que lo que hace es reemplazar el sustrato (tierra) por una solución acuosa que contiene minerales y en la que se pone la planta para facilitar la captación de los nutrientes a través de contacto más directo, entonces, las raíces de las plantas en vez de estar en tierra, reciben directamente una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para su desarrollo.

Dentro de los tubos por donde fluye la solución pueden cultivarse hortalizas, frutas y flores. Es curioso pensar que en estos invernaderos sin tierra se pueden desarrollar diferentes productos desde tomates, melones, lechugas hasta azucenas, orquídeas entre muchas otras variedades.

Todo se puede lograr sin necesidad de mucho espacio, con poca inversión y menor mantenimiento, permite traer agricultura a la ciudad y así ahorrar los costos (económicos y ambientales) del transporte y además porque para su producción se requiere un bajo consumo de agua. A su vez hace q se tenga una alimentación sana puesto que no requiere agroquímicos.

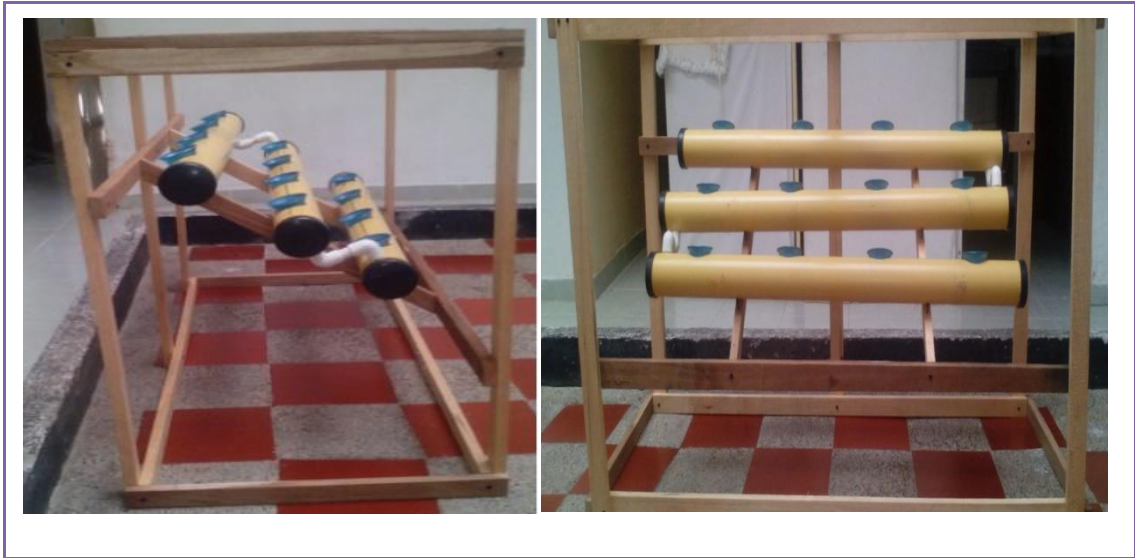


FIG. 21: Diseño de la estructura física del sistema hidropónico NFT

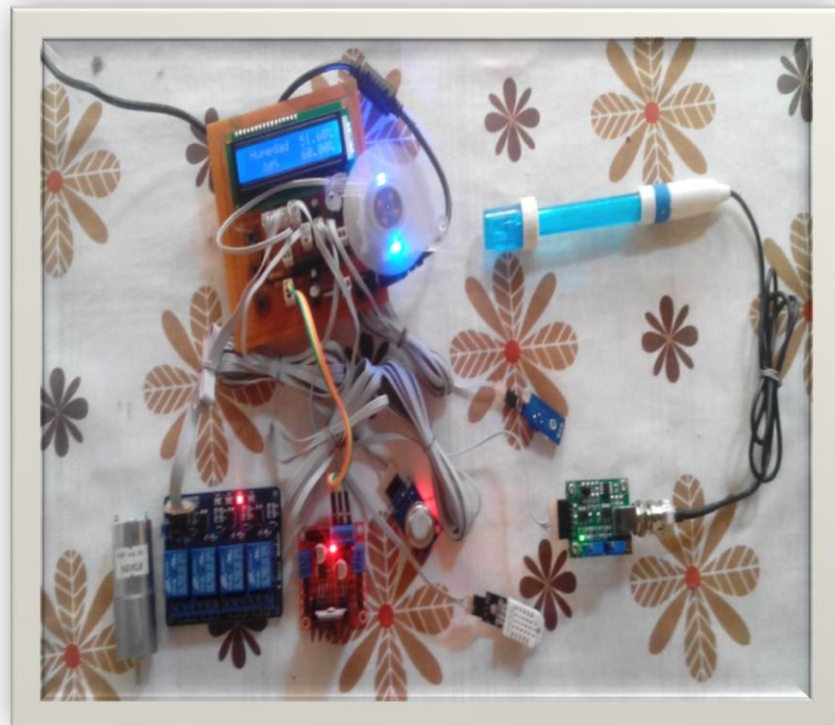


FIG. 22: Sensores y circuito electrónico.

3.1 Placa Arduino Leonardo: Es la primera placa de desarrollo de Arduino que utiliza un microcontrolador con USB incorporado. Usando el ATmega 32U4 como su único microcontrolador permite que sea más barato y más simple. También, debido a que el 32U4 está manejando el USB directamente, están disponibles bibliotecas de código que permiten a la placa emular un teclado de computadora, ratón, y más usando el protocolo USB HID.

Tiene 20 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 7 puede utilizarse para salidas PWM y 12 entradas como analógicas), un oscilador de 16 MHz, una conexión micro USB, un conector de alimentación; un cabezal ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB, adaptador AC a DC o batería para empezar.



FIG. 23: Placa Arduino Leonardo

3.1.1 Características:

- Microcontrolador ATmega 32u4
- Voltaje de entrada 7 – 12 v
- 20 digital I/O pin
- 7 canales PWM
- 12 ADCs.
- 16 MHz clock speed
- 32 KB de memoria flash (arduino.cl 2016)

3.2 Sensores a utilizar:

3.2.1 Sensor de temperatura y humedad DHT22: Es un sensor que permite mediciones de temperatura y humedad relativa (RH). El sensor posee una interfaz serial propietaria, que solo requiere de un pin para comunicarse con un microcontrolador. Este sensor, aunque es algo lento en cuanto a velocidad de lectura, es ideal cuando el costo es una preocupación, resulta entonces ideal para las aplicaciones escolares y de hobby.



FIG. 24: Sensor de temperatura y humedad DHT22

3.2.1.1 Características

- Muy bajo costo
- Compatible con sistemas electrónicos operando a 3 y 5 volts.
- Corriente máxima de 2.5 mA cuando se realiza la conversión.
- 0 – 100% Humedad relativa, precisión del 2-5%
- -40 a 80°C de temperatura, precisión $\pm^{\circ}\text{C}$.
- Frecuencia de muestreo: no más de 0.5 Hz (una vez cada 2 segundos).
- 4 pines de conexión espacio de 0.1 pulgadas
- No requiere componentes activos externos. (geekfactory 2016).

Sensores de gases MQ: Estos sensores son electroquímicos y varían su resistencia cuando se exponen a determinados gases, internamente posee un calentador encargado de aumentar la temperatura interna y con esto el sensor puede reaccionar con los gases provocando un cambio de valor de la resistencia. El calentador dependiendo del modelo puede necesitar un voltaje entre 5 y 2 voltios, el sensor se comporta como una resistencia y necesita una resistencia de carga (RL) para cerrar el circuito y con este hacer un divisor de tensión y poder leerlo desde un microcontrolador.

Debido al calentador es necesario esperar un tiempo de calentamiento para que la salida sea estable y tenga las características que el fabricante muestra en sus datasheet, dicho tiempo dependiendo del modelo puede ser entre 12y 48 horas.

En el mercado, generalmente los sensores MQ se encuentran en módulos, lo que nos simplifica la parte de conexiones y nos facilitan su uso, solo basta con alimentar el modulo y empezar a leer el sensor, estos módulos también tienen salida digital la cual internamente trabaja con un comparador y con la ayuda de un potenciómetro podemos calibrar el umbral y así poder interpretar la salida digital como presencia o ausencia del gas.

La diferencia entre los distintos tipos de sensores MQ es la sensibilidad a cierta gama de gases, más sensibles a algunos gases que a otros, pero siempre detectan a más de un gas, por lo que es necesario revisar los datasheet para escoger el sensor adecuado para nuestra aplicación.

3.2.2 Sensor de calidad del aire MQ135: Sensor analógico para arduino, implementado en la detección de gases peligrosos y en controladores de calidad del aire, son adecuados para la detección de NH₃, NO_x, alcohol; benceno, humo, CO₂; etc. Contiene dos terminales de salida: 1 análogo y 1

digital. Posee una respuesta rápida y alta sensibilidad. Voltaje de operación: 5v DC. (Tutorial sensores 2016).



FIG. 25: Sensor de calidad del aire MQ135

3.2.3 Sensor de luminosidad GY30: Sensor de luz ambiente tipo circuito integrado con interfaz de comunicación digital I2C. Este circuito integrado es el más adecuado para obtener los datos de luz ambientes para ajustar la potencia del LCD y retro iluminación del teléfono móvil

3.2.3.1 Ventajas:

- Convertidor digital de luminiscencia
- Amplio alcance y alta resolución. (1-65.535 lux)
- Baja consumo por la función de apagado
- Rechaza las señales de luz de 50 Hz /60 Hz
- Interfaz I2C
- No es necesario partes externas

- Es posible seleccionar dos tipos de configuración I2C esclavo-dirección.
- Es posible detectar min. 0,11 lx, máx. 100000 lx utilizando esta función. (Bigtronica 2016)



FIG. 26: sensor de luminosidad GY30

3.2.4 sensor de pH MSP430: Es una familia de microcontroladores fabricados por Texas instruments. Construidos con una CPU de 16 bits, el MSP430 está diseñado para aplicaciones embebidas de bajo costo, sistemas inalámbricos y/o de ultra bajo consumo de energía.

Este dispositivo tiene una gran variedad de configuraciones que se agrupan en familias, con velocidades máximas de procesamiento y capacidades de direccionamiento diferentes, y modelos con diferentes selecciones de entre los siguientes periféricos: diferentes bloques y capacidades de memoria, oscilador interno, temporizadores incluyendo un PWM. (Jesús R. 2014).

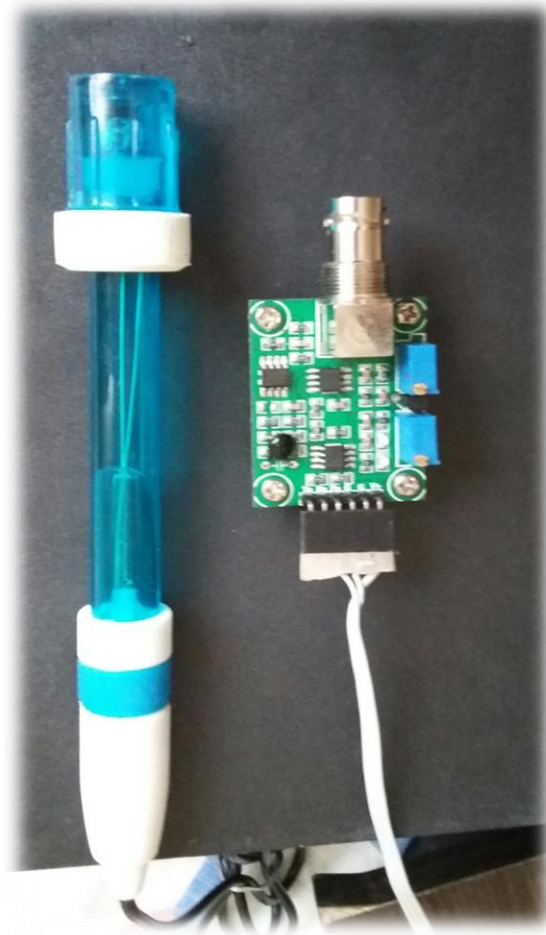


FIG. 27: sensor de pH MSP 430

3.3 Actuadores a utilizar:

3.3.1 Ventilador: Puede definirse un ventilador como una máquina hidráulica generadora para gases. Si el cambio en la densidad del gas es pequeño (lo que ocurre normalmente cuando el salto de presión a través de la máquina es pequeño), la teoría desarrollada para turbo máquinas hidráulicas será aplicable al estudio de ventiladores. Si el cambio en la densidad del gas no es despreciable, la maquina en cuestión es un turbo compresor. Normalmente, el criterio que permite distinguir un ventilador de un turbocompresor (o salto de presión estática a través de la máquina). Cuando la calidad constructiva de estas máquinas no es muy alta, pueden considerarse ventiladores si la relación de compresión es inferior a 100 mbar: cuando la calidad es más alta, el límite es más estricto: 30 mbar.

En general, los ventiladores son utilizados en casos en los que es preciso mover un gran caudal de gas (normalmente, aire, o mezclas de aire con otros gases), con un pequeño salto de presión. Entre las aplicaciones más importantes de los ventiladores, puede citarse las siguientes: renovación de aire en salas de trabajo y reuniones; ventilación en minas; túneles y barcos; evacuación de humos; secado de productos industriales, o acondicionamiento de aire.

Los ventiladores pueden clasificarse según dos criterios principales: según el salto de presión total comunicado Δp , y según la dirección de flujo a través de la máquina. (Viedma A. Zamora B. 1997).



FIG. 28: Ventilador – extractor

3.3.2 Extractor de aire: Es un aparato destinado a aspirar y renovar el aire de una estancia. Está compuesto por un ventilador conectado a un motor que le transfiere el movimiento.

- Tiene dos funciones principales: eliminar el exceso de humedad, la cual puede provocar el deterioro de los espacios y aparición de moho.
- Combatir los malos olores, ya que al absorber los vapores se minimiza la presencia de aromas fuertes y desagradables.

Para ventilar un espacio por medio de extractores de aire se requiere conectarlos a través de un conducto o una tubería con mayor o menor longitud. De

esta manera, el flujo de aire absorbe energía del ventilador que lo extrae, debido al roce con las paredes o a los diversos “obstáculos” que se presentan.

Las características operativas de los extractores de aire se determinan en función de las dimensiones del espacio donde se llevara a cabo su instalación, de modo que se logre su máxima capacidad de extracción. Dichos aspectos también servirán para la elección del equipo más adecuado, los cuales deben ofrecer el mínimo consumo de energía .Danel k. Merelles M. (2014).

3.3.3 Bomba eléctrica: su función es impulsar la solución nutritiva desde el tanque hacia el área de siembra a través de la tubería de distribución. Su potencia dependerá del tamaño del área de producción. Debe tener una capacidad de 40% por encima de la necesidad. Debe estar fabricada de acero inoxidable o plástico. El flujo de la solución nutritiva debe ajustarse aproximadamente de 2 a 3 litros por minuto por canal, importante para permitir una adecuada aireación de la solución nutritiva.

Control electrónico de intervalos de incendio de sistemas de bombeo: El funcionamiento de la bomba para flujos intermitentes puede ser controlado a través de relojes programadores o “timer” que activan y desactivan la bomba cada cierto periodo de tiempo. Estos periodos varían de acuerdo al tamaño y desarrollo de las plantas. El tiempo de apagado debe ser el mayor.



FIG. 29: Bomba de agua a 12v

3.3.4 Tubería de recolección o drenaje: Esta tubería recoge la solución nutritiva que circula por los canales de cultivo con una ligera inclinación y la lleva de regreso al tanque. Se coloca debajo de los canales con una ligera pendiente con la finalidad de facilitar su retorno. Debe siempre llevar un filtro o cedazo en la entrada del tanque de reserva para recoger todo residuo que provenga de los medios de los cultivos.

Tuberías de distribución: llevan la solución hacia los canales de cultivo. Su diámetro y dimensiones dependerán del volumen de solución nutritiva que se transportara a través del sistema. Es preferible usar tubos de PVC por su bajo costo, su fácil instalación y porque no se corroen. (Bosques J. 2010).

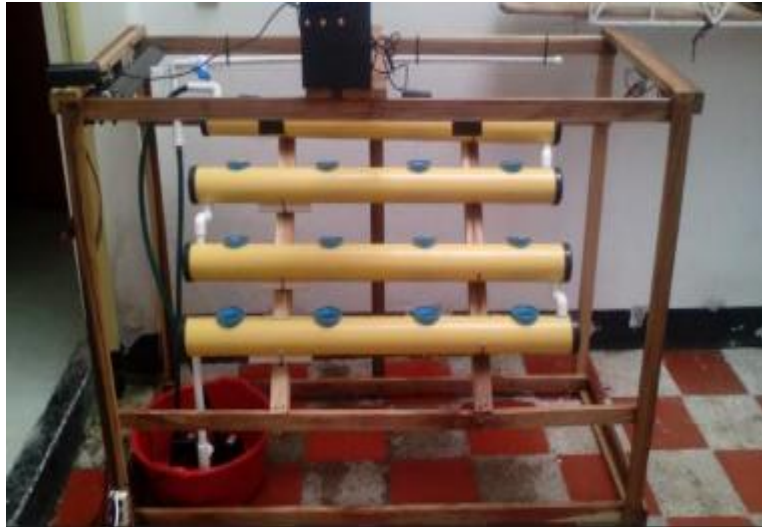


FIG. 30: Tubería de recolección

3.3.5 Aspersor: Mecanismo mediante el cual el agua de riego o la mezcla de un líquido con productos químicos, sometidos a presión, se convierten en gotas menudas que se esparcen uniformemente sobre la planta o el terreno de forma similar a la lluvia.

Desde tiempos remotos el hombre comprendió que el agua era indispensable para el desarrollo de las plantas y que cuando estas carecían de suficiente humedad en el suelo se podía facilitar su desarrollo adicionándola a

intervalos regulares. Uno de los métodos de riego que se utilizó desde hace milenios fue el de la aplicación de agua a las plantas con una regadera manual. El riego por la aspersion del agua a presión comenzó hace tres siglos cuando se inventó la bomba hidráulica accionada por vapor y después por motores eléctricos. Hoy es el método más generalizado.

La regadera manual por lo general tiene en el extremo del tubo de entrega unos orificios por lo cual sale el agua y se esparce en pequeñas gotas. Este es el mismo principio usado actualmente con los aspersores mecánicos, solo que la presión a que se somete el líquido y el diseño de las boquillas hace que el trabajo de aspersion sea más productivo y eficiente.



FIG. 31: Aspersor

3.3.5.1 Aspersores horizontales: Son muy utilizados para regar zonas delimitadas, como puede ser una huerta o un invernadero. Para utilizarlos hay que reajustar el margen de oscilación y la anchura de proyección. Después se fija la posición ideal buscando que quede fijo.

3.3.5.2 Cortinas: Dependiendo de las prioridades relacionadas con el clima y la economía del invernadero, se utilizan cortinas energéticas/sombreo de doble

propósito; o se instala una cortina en el interior del invernadero; lo cual resulta menos costoso, porque la estructura del invernadero la protege.

Cuando se selecciona algún método de sombreo, la estrategia ideal es utilizar un sistema retráctil. De esta forma, se puede sombrear cuando hace demasiado calor y se deja de sombrear cuando las temperaturas demasiado elevadas no representan ningún problema, o cuando la luz disponible sea un factor limitante del crecimiento.

3.4 Diseño del sistema de automatización

3.4.1 Diagrama de flujo general: En este diagrama de flujo se incluyen todos los elementos del sistema NFT de control y automatización, como se indicó en capítulos anteriores, es aquí, donde se lleva a cabo todo el proceso, encontramos sensores y actuadores que permitirán el perfecto funcionamiento del sistema, una vez conectados y alimentados todos los elementos se procede a iniciar el software de automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos, en el cual, como primer paso se procede a la configuración de los parámetros de los niveles de pH, CO₂, temperatura, humedad y luz.

Una vez terminada la configuración de todos los parámetros se empieza a monitorear el sistema mediante la ventana de la interfaz de usuario, es ahí donde observamos el estado de todas las alarmas y actuadores.

A partir del momento de conectar el hardware y el software, el sistema de automatización y control se hace cargo del manejo de todas las variables.

El código del programa se encuentra en los anexos del presente documento.

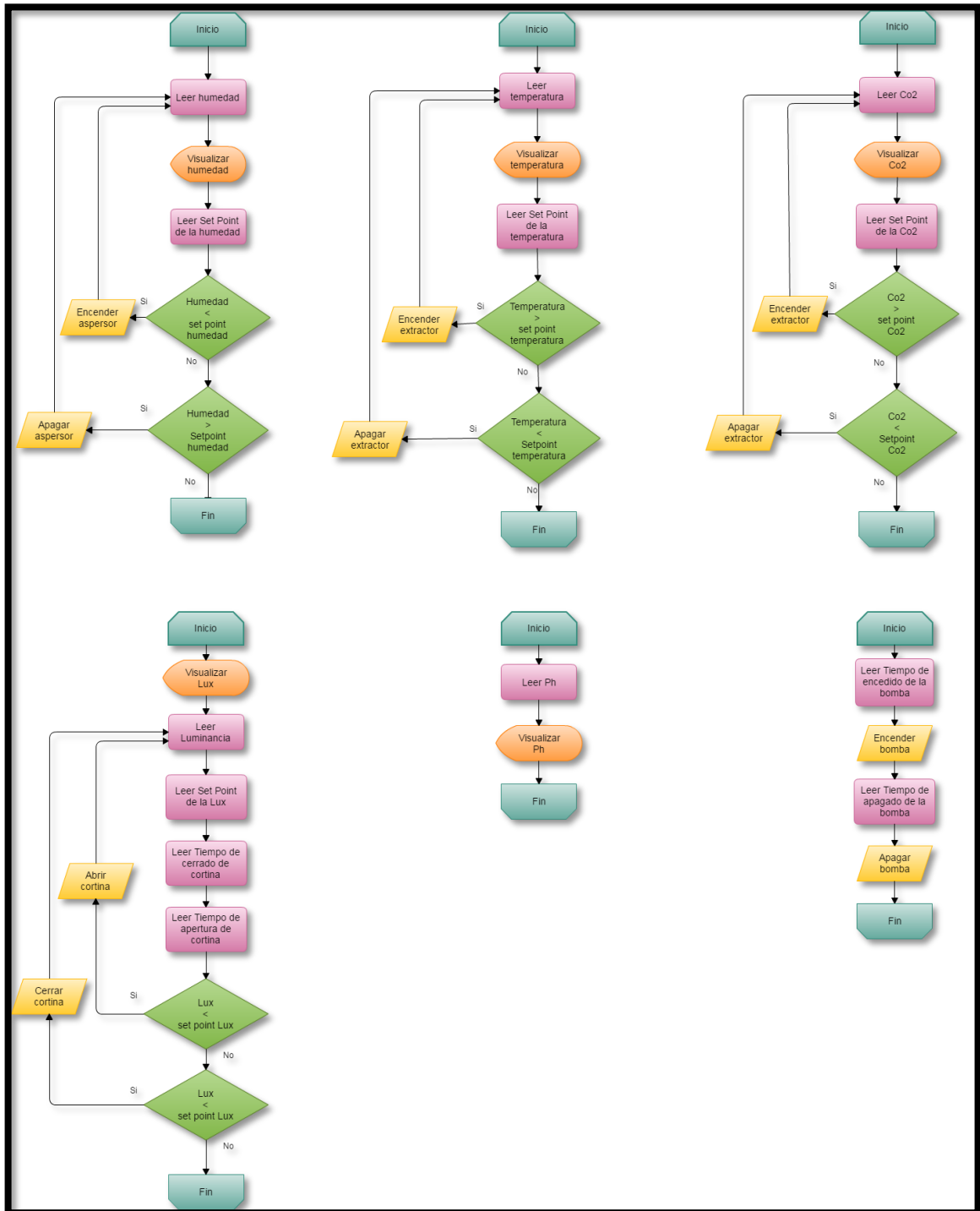


FIG. 32: Diagrama de flujo general

3.4.2 Diagrama de flujo de humedad: Se cuenta con un sensor de humedad DHT22 y con un aspersor conectado a una bomba eléctrica quienes se encargaran de humidificar el espacio cerrado del invernadero.

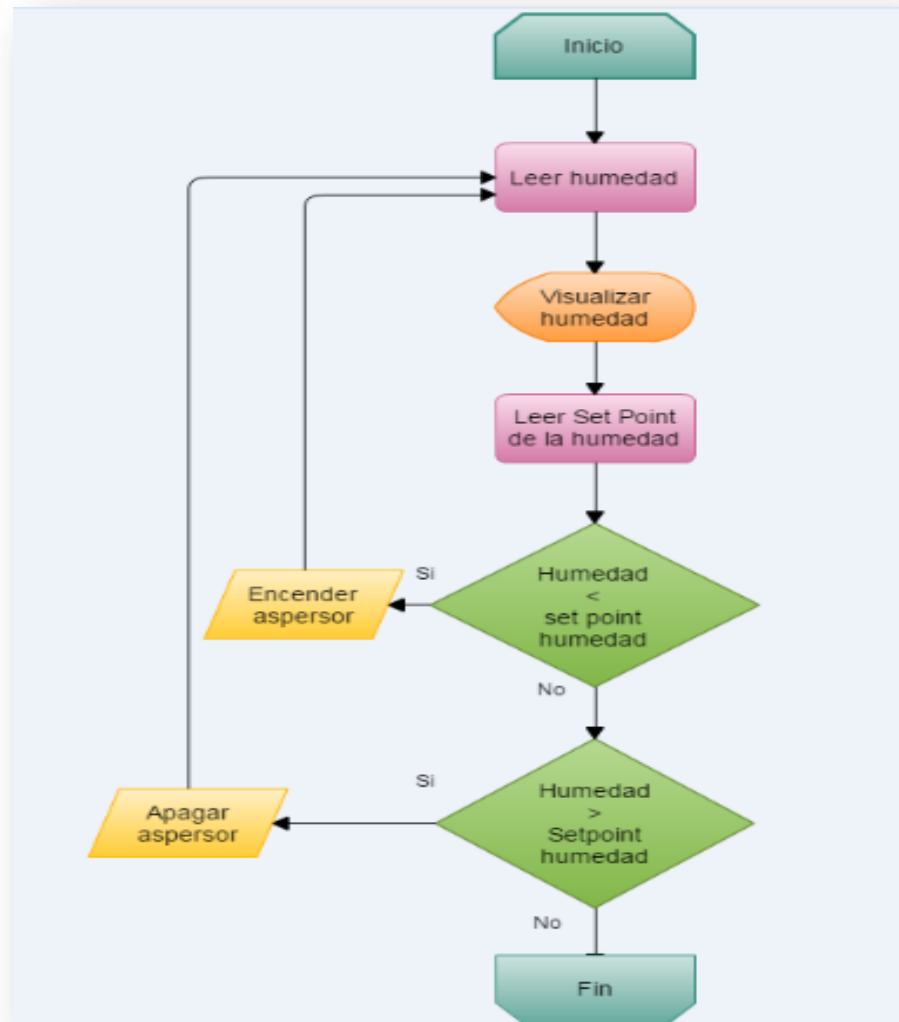


FIG. 33: Diagrama de flujo de humedad

3.4.3 Diagrama de flujo de temperatura: Habrá que controlar la temperatura del ambiente del invernadero con un sensor DHT22, generalmente la temperatura mínima requerida es 7°C en cultivo de lechuga mientras que 24°C es la

temperatura máxima, así como un ventilador que se encargara de refrigerar para regular la temperatura del ambiente.

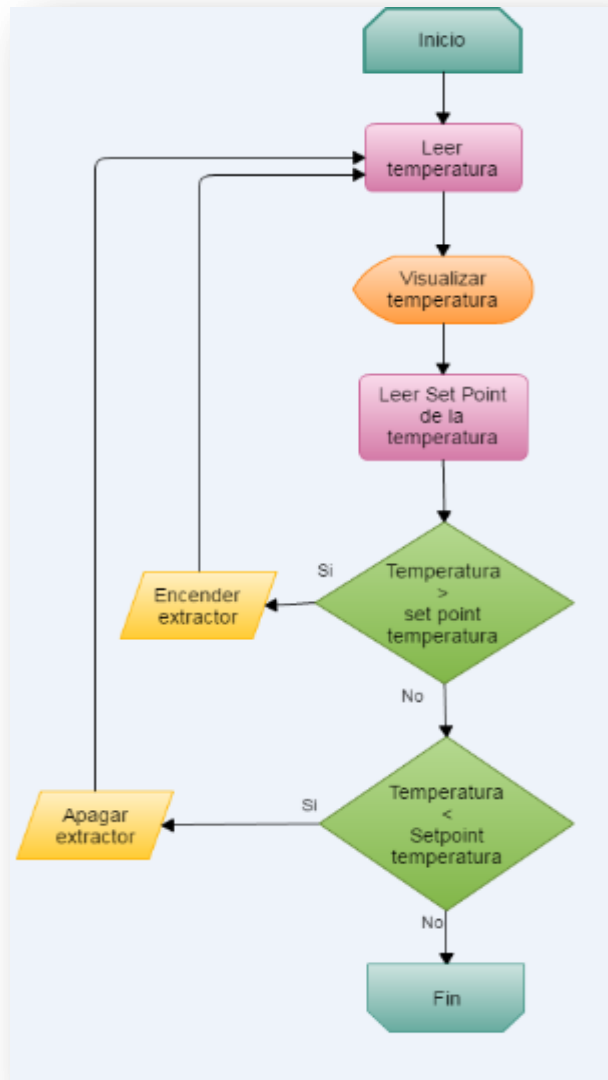


Figura 34: Diagrama de flujo de temperatura

3.4.4 Diagrama de flujo CO2: Para medir la concentración de CO2 utilizamos un sensor de gas MQ135 que medirá la calidad del aire; cuando este

sensor detecte un gas peligroso se activa el extractor quien se encarga de aspirar y renovar el aire y de este modo corrige el valor de la concentración de CO₂ en caso de exceso.

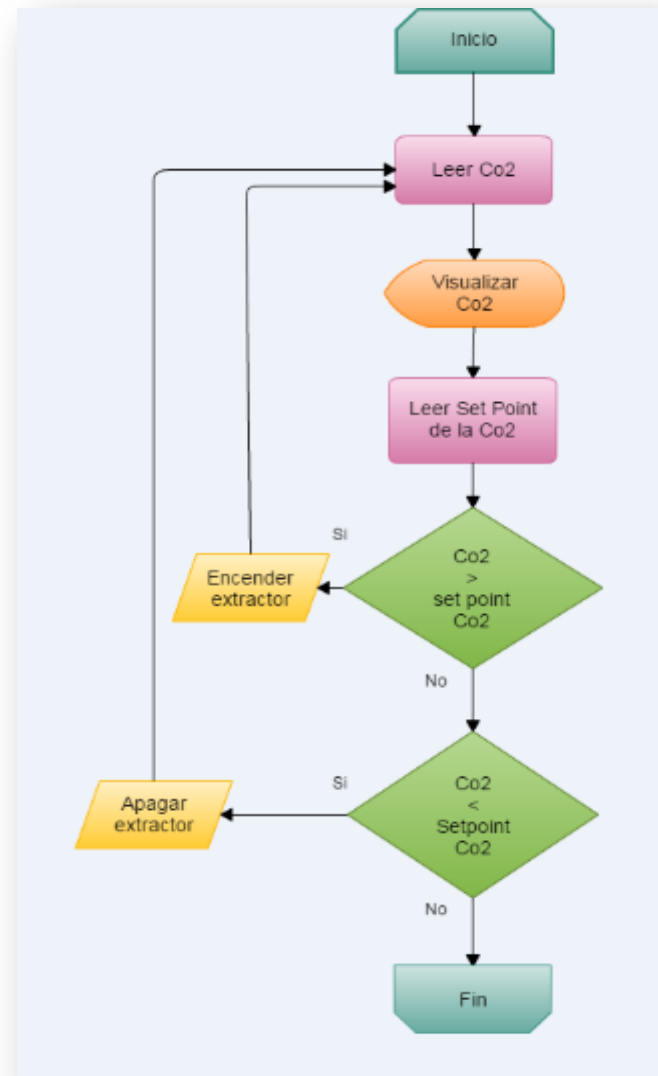
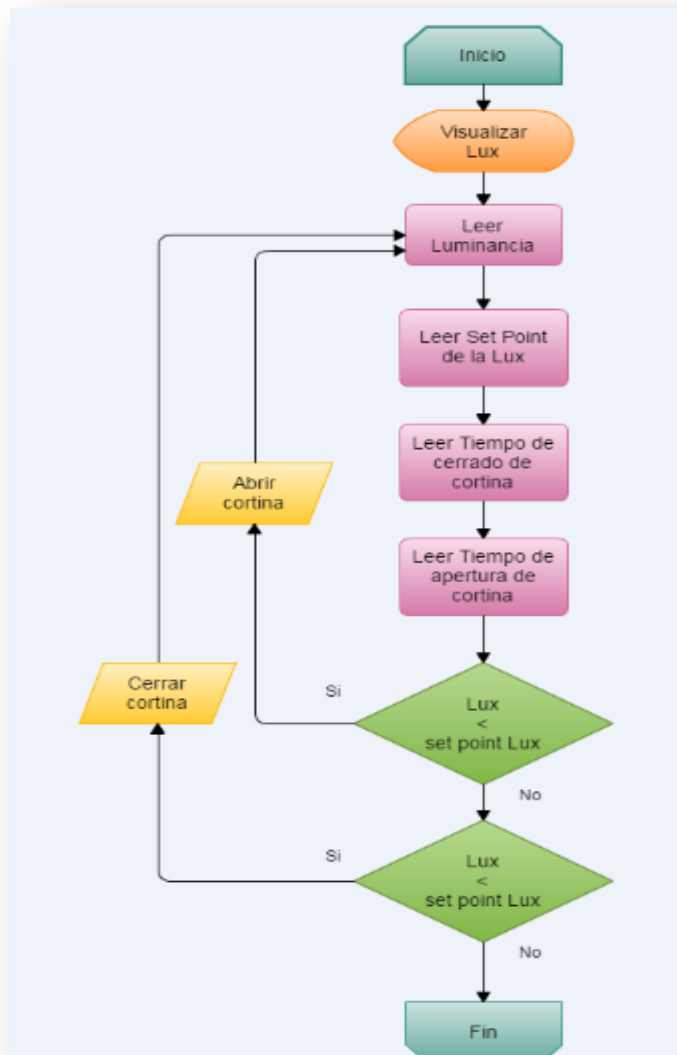


FIG. 35: Diagrama de flujo de CO₂

3.4.5 Diagrama de flujo luminosidad: El control de intensidad luminosa se realiza con un sensor GY30 quien se encargara de activar una cortina retráctil

que está ubicada en la parte superior del invernadero para ofrecer sombra a las plántulas cuando las temperaturas sean demasiado altas, o dejara de sombrear cuando la temperatura no represente ningún peligro.



FIG, 36: Diagrama de flujo de luminosidad

3.4.6 Diagrama de flujo de pH: Al realizar la medición se debe extraer una muestra de la solución del sustrato con agua destilada (sin contenido de minerales) y medir el pH del extracto. Medición que requiere introducir el sensor directamente en el agua para obtenerlos.

El programa de medición de pH permite a los productores ver las tendencias de los cultivos; es una herramienta valiosa para tomar medidas correctivas si ocurrieran problemas.

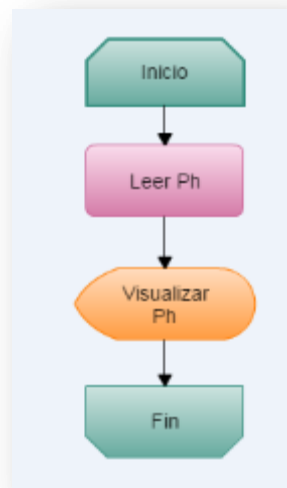


Fig. 37: Diagrama de flujo de pH

3.4.7 Diagrama de Flujo de encendido y apagado: Se hace que el sistema encienda/apague por medio de la programación de arduino, haciendo posible la automatización del invernadero en tiempo real, a partir de las variables, CO₂, humedad, temperatura, luminosidad, pH, con el fin de alcanzar una mayor eficiencia, lo cual permite que se le haga seguimiento.

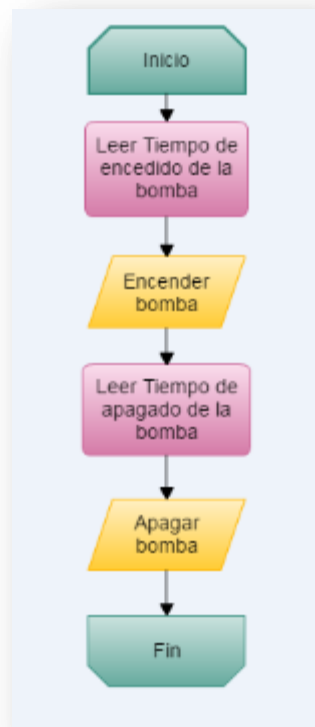


FIG. 38: Diagrama de flujo de On/Off

Proteus: Es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, depuración y construcción. Tojeiro, G (2009).

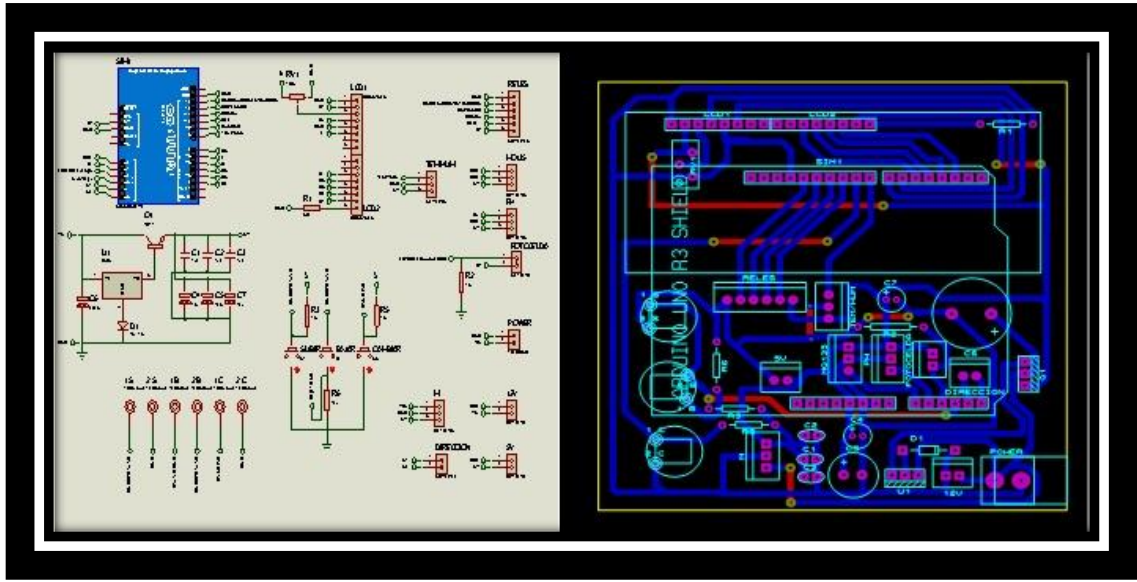


FIG. 39: Diseño Tarjeta electrónica de conexión en Proteus

Interfaz de usuario: Es el medio con que el usuario puede comunicarse con una maquina, equipo, computadora o dispositivo y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo.



FIG. 40: Interfaz de usuario

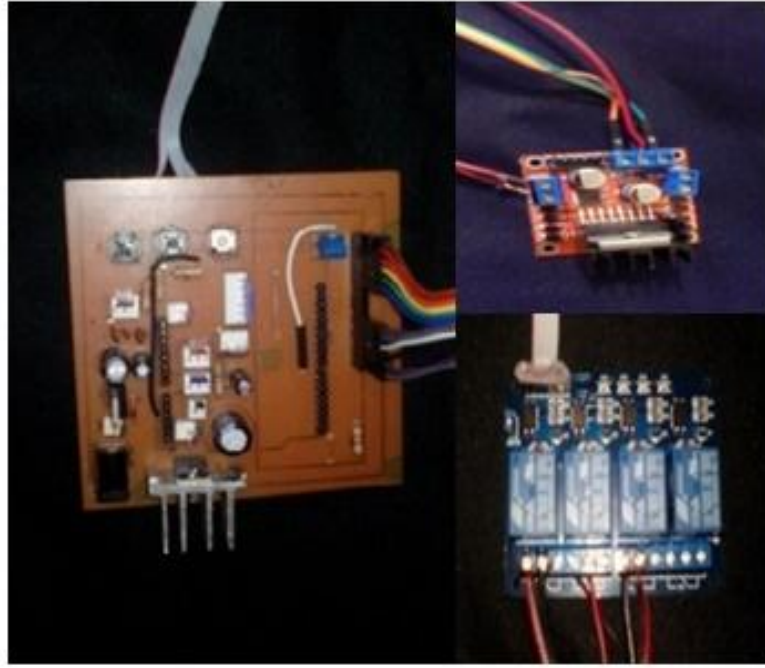


FIG. 41: Tarjeta Arduino, Módulo de relevos de cuatro canales, puente H

Módulo de relevos de cuatro canales: se trata de una placa de interfaz de relé de 4 canales, que puede ser controlado directamente por una amplia gama de microcontroladores tales como Arduino, AVR, del PIC, ARM, PLC, etc.

Puente H: Es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico girar en ambos sentidos, avance y retroceso. Son ampliamente usados en robótica y como convertidores de potencia.

3.5 Pruebas y Resultados: Se probó el funcionamiento del sistema variable por variable obteniendo los resultados esperados en el momento del diseño.

Los sensores se distribuyen en diferentes áreas, para que cada uno funcione de forma autónoma. En el controlador central se recoge la información captada por los sensores, se coordinan las actuaciones y se envían las órdenes a los distintos lugares.

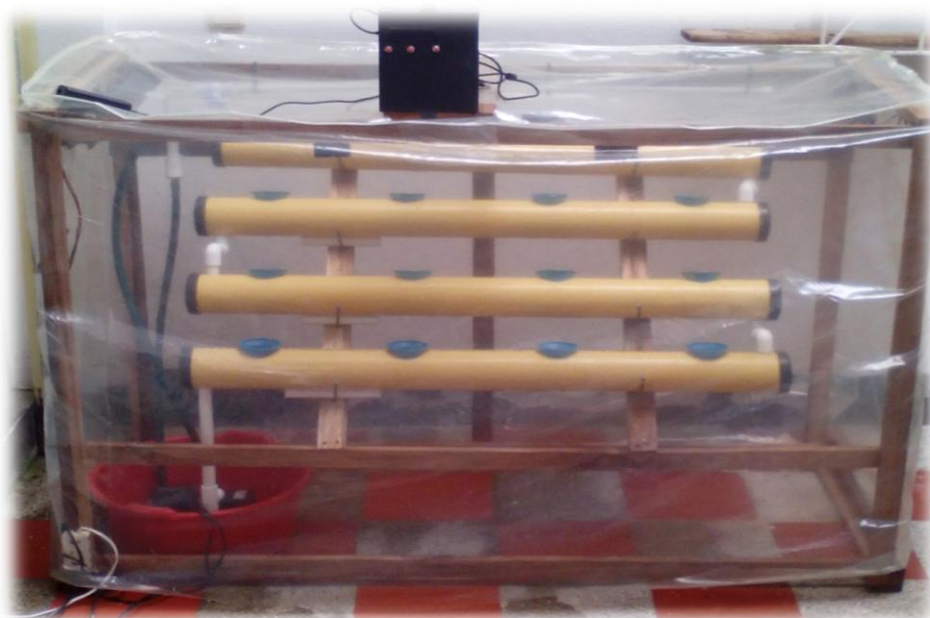
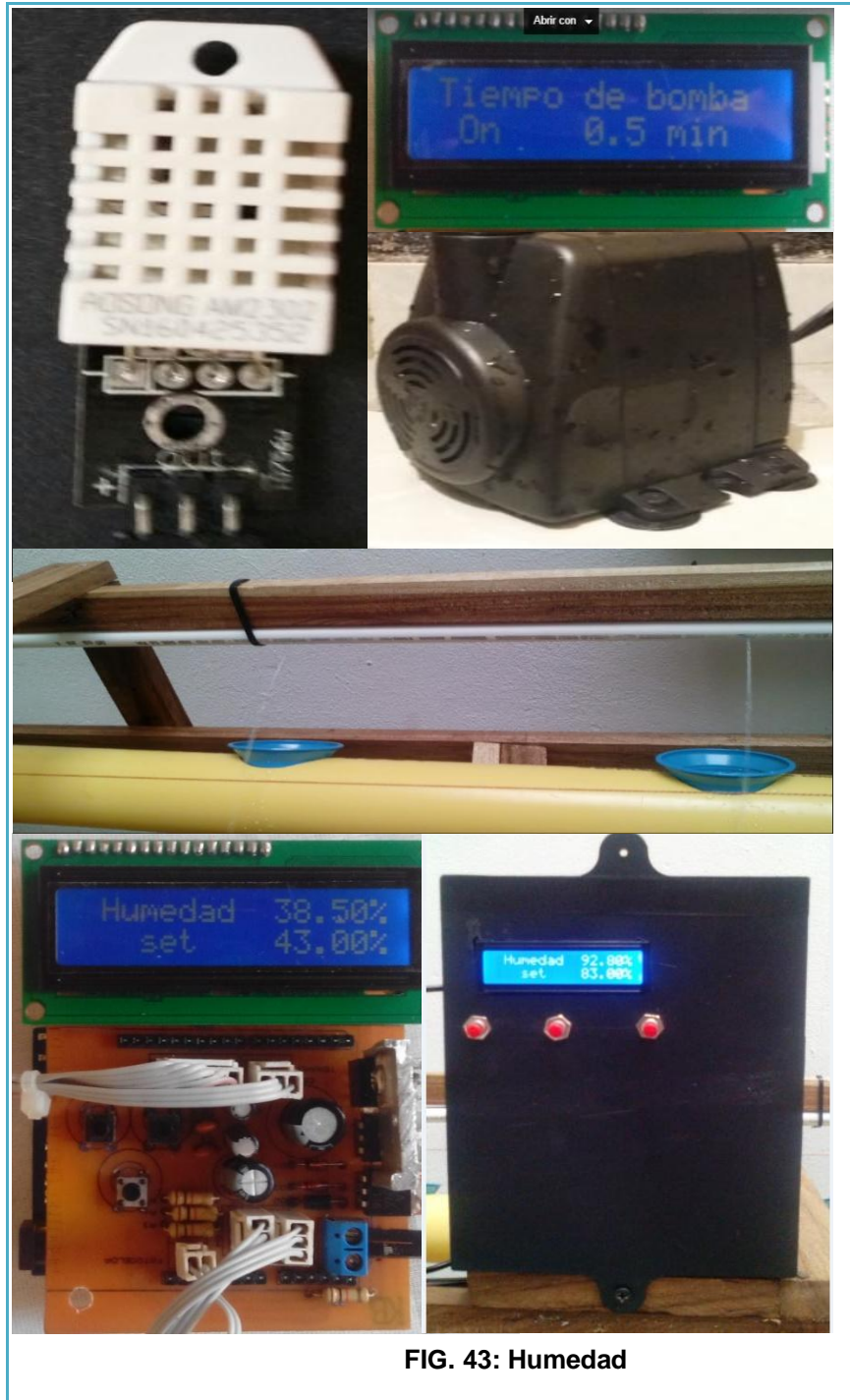


FIG. 42: sistema automatizado de invernadero hidropónico NFT

3.5.1 Humedad: Para el aumento de la humedad relativa inicialmente utilizamos un aspersor plástico de estaca para cultivos agrícolas pero este sistema no funcionó porque era muy grande y recorría una distancia lejana por lo cual las gotas eran muy dispersas y golpeaban el plástico, luego se hicieron boquillas de aspersores caseras para conectarlas a la manguera, pero para que el sistema de riego sea óptimo la bomba debía llevar el agua con más fuerza, es entonces cuando se decide hacer un aspersor de forma horizontal q humedezca las plantas únicamente manteniéndolas hidratadas.

El sensor de humedad DHT22 recibe la señal, la visualiza en la pantalla LCD, si la humedad es menor que el set point activa el aspersor y cuando es mayor o igual al set point se desactiva.



3.5.2 Luminosidad: En esta parte se buscó detectar el nivel de intensidad lumínica con un sensor GY30 ubicado en un lugar estratégico para captar el nivel de luz y evitar que las temperaturas sean demasiado altas activando una cortina panorámica retráctil para sombrear el cultivo y de esta misma forma la cortina se desactive cuando las temperaturas disminuyan.

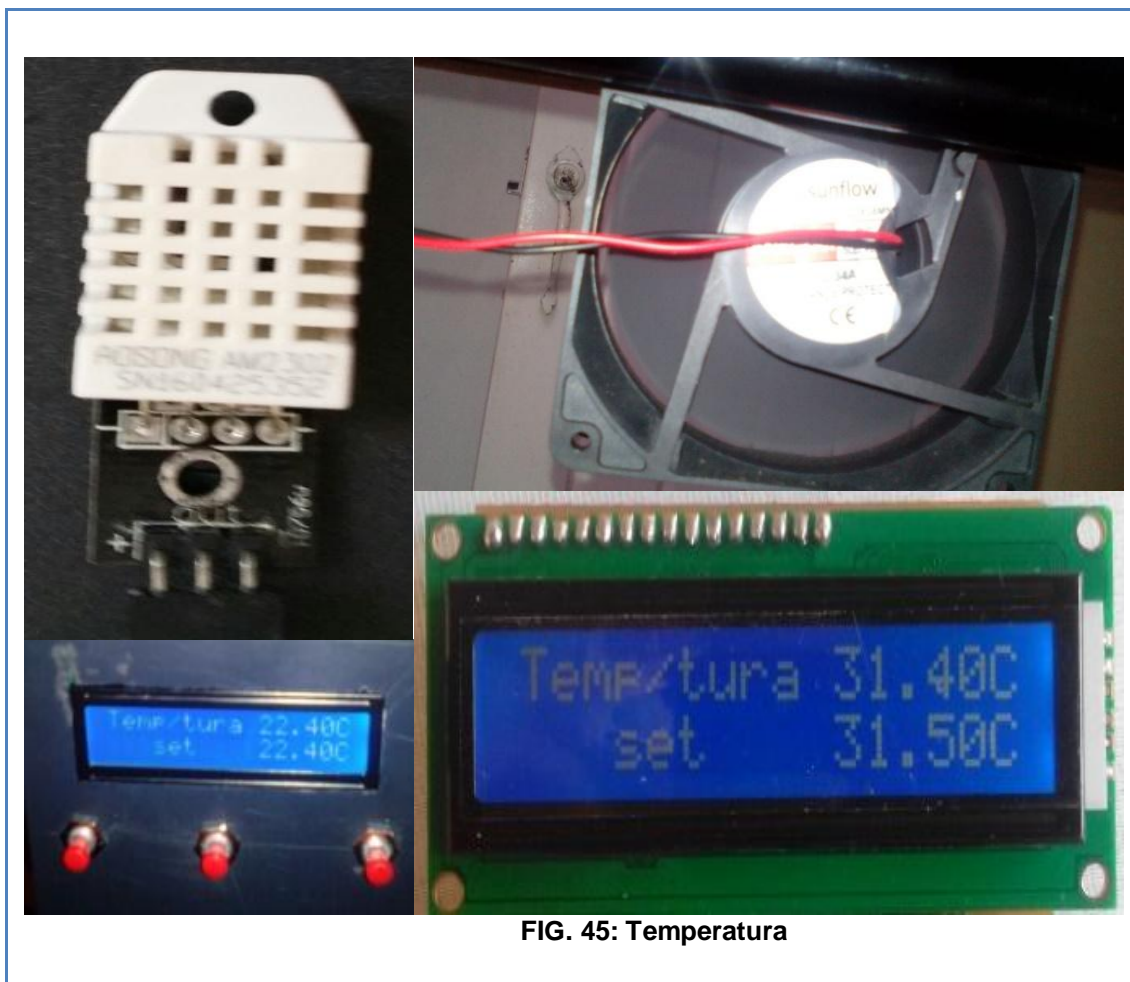
El sensor de luminosidad GY30 recibe la señal, la visualiza en la pantalla LCD, si la cantidad de lúmenes es menor que el set point la cortina se cierra y si es mayor que la del set point se abre con ayuda de un motor de 12v durante un tiempo programado a través del set point.



FIG. 44: Luminosidad

3.5.3 Temperatura: Para verificar el funcionamiento del sensor de temperatura se realizaron pruebas con un ventilador, que es el encargado de refrescar el interior del invernadero, este fue ubicado en la parte superior y se activa cuando la temperatura sobre pasa el valor del set point quien ya está programado con anterioridad.

El sensor de temperatura DHT22 recibe la señal, la visualiza en la pantalla LCD, si la temperatura es menor que el set point se apaga el ventilador y cuando es mayor set point se activa el ventilador.



3.5.4 CO₂: Para realizar esta prueba se utilizó un ventilador que se encargó de renovar el aire modificando la cantidad de gases tóxicos dentro del invernadero y verificando con el sensor la información obtenida.

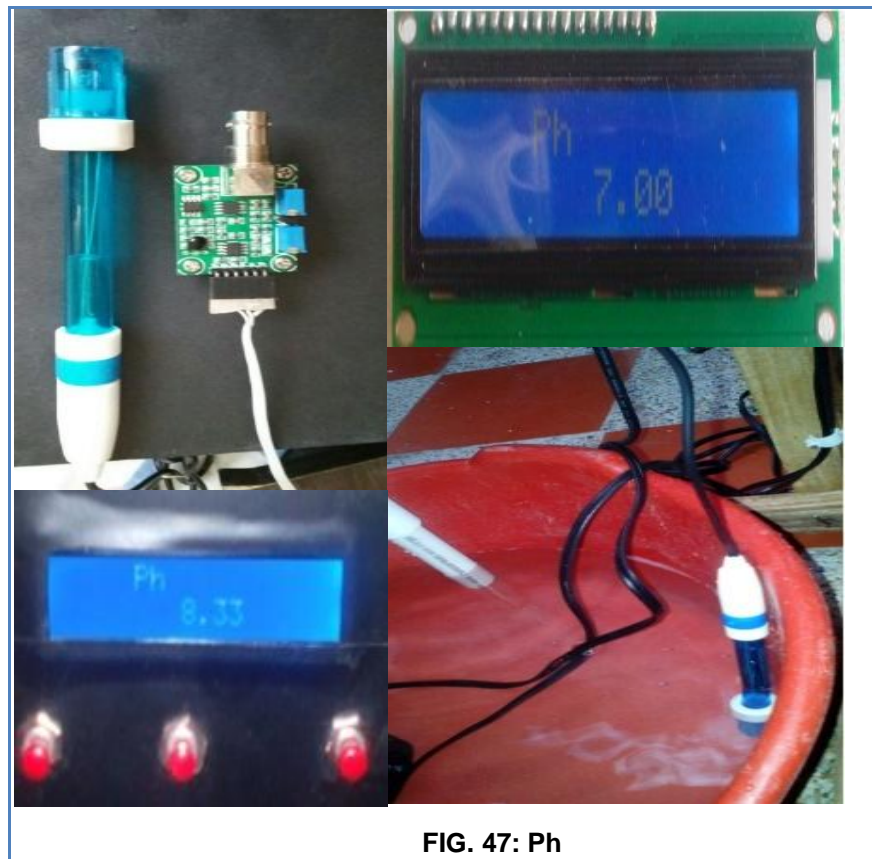
El sensor de CO₂ MQ 135 recibe la señal, la visualiza en la pantalla LCD, si el CO₂ es menor que el set point se apaga el extractor y cuando es mayor set point se activa el extractor.



3.5.5 PH: Para realizar las pruebas de funcionamiento del sistema para los cambios en los niveles de pH se utilizó agua destilada, el sensor MSP430 toma la medida correcta, pero los ajustes del ácido se deben hacer manualmente aplicando las soluciones indicadas.

El pH se mide con la finalidad de mantenerlo dentro del rango deseado por el productor, generalmente para estas correcciones se usan soluciones acidas para disminuirlo y soluciones nutritivas concentradas para aumentarlo.

El sensor de pH MSP 430 permanece en el sustrato y envía la señal de y la visualiza en la pantalla.



Las pruebas demuestran que los sensores se encuentran midiendo las variables de manera correcta, la ubicación de los sensores se realizó teniendo en cuenta los puntos donde se encontraría una mayor medición de cada variable debido a la estructura implementada. Lo anterior teniendo en cuenta que los actuadores funcionan en el momento en que se sobrepase un valor máximo en cada variable y los mínimos son de poco interés en el diseño del prototipo.

La manipulación desde los pulsadores y visualización a través de la pantalla LCD, presenta un funcionamiento estable y permite un acceso intuitivo y rápido a la modificación de los set point de las variables supervisadas.

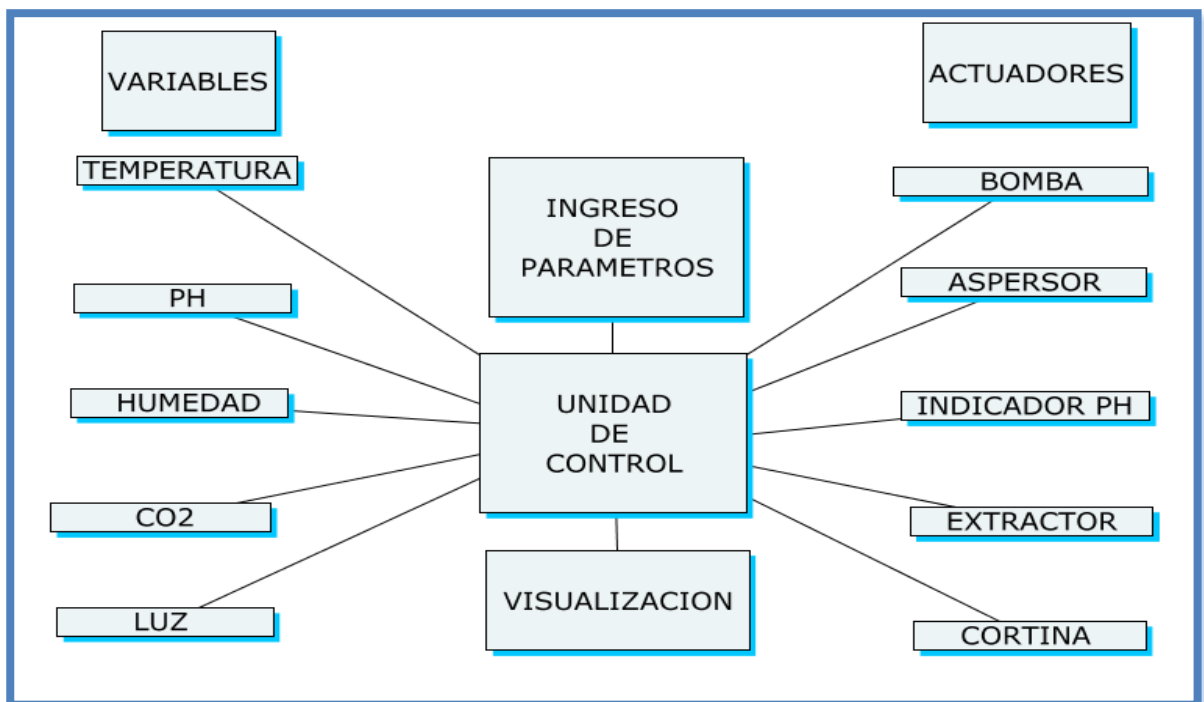


FIG. 48: esquema de supervisión de variables

3.5.6 Prueba con lechuga: Luego de probar la supervisión y control de cada variable por separado, se realizó una prueba, que consistió en colocar unas plantas de lechuga, obtenidas de un semillero con 30 días de germinación, en el prototipo implementado; los set point de cada variable se ajustaron como se indica a continuación:

- **Humedad:** 60%
- **Temperatura:** 21°C

- **Luminosidad:** 13.000
- **CO₂:** 0.2%
- **PH:** pruebas dos veces al día, entre 5.5 y 6

La prueba se realizó durante 12 días, en la cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Se verifico el funcionamiento del sistema cada 6 horas, revisiones en las cuales no se evidenciaron fallas de funcionamiento y se realizaba el llenado del tanque para el funcionamiento del aspersor.

Durante los 12 días se completó dos veces el nivel del agua que circulaba por el sistema hidropónico debido a que las plantas van absorbiendo el agua para su desarrollo.

Las plantas de lechuga se mantuvieron vivas durante los doce días; mostrando pocos indicios de marchitamiento al final de la misma; tal vez generados por maltrato y el cambio de ambiente al trasladarse de fresno a Bogotá el último día de prueba.

Con esta prueba se puede concluir que el sistema cumple con sostener la planta (lechuga) durante su ciclo de vida.



FIG. 49: sistema automatizado de invernadero hidropónico NFT con lechugas

CONCLUSIONES

- El trabajo con cultivos automatizados permite el manejo inteligente de las condiciones ambientales, que en muchas ocasiones resulta inmanejables en otro cultivo.
- La recopilación de la información, permitió identificar el uso de la automatización en el manejo del cultivo, generar un listado de variables que se deben supervisar y controlar; y de otras que se pueden incluir en futuras actualizaciones del prototipo.
- El uso de la plataforma Arduino y de sensores de bajo costo, permitió el desarrollo de un sistema automatizado para la supervisión y control de cinco diferentes variables en un prototipo de cultivo hidropónico; que según las pruebas realizadas demuestra un funcionamiento satisfactorio y que cumple con lo planteado inicialmente.
- El manejo del prototipo mediante pulsadores y la visualización en una pantalla LCD, permite un acceso rápido e intuitivo a la modificación de los set point de las diferentes variables supervisadas.
- Garantizando condiciones físicas y químicas en la germinación y crecimiento de las plantas, se pueden incorporar otros elementos que aporten en la calidad y el tiempo de desarrollo, el sistema automatizado implementado es una clara muestra de ello.
- Usando este sistema, el productor reducirá notablemente las pérdidas de plántulas por mal manejo, gracias a que al implementar este sistema automatizado se ejecutaran acciones correctivas inmediatas, cuando una variable este fuera del rango deseado manteniendo el cultivo dentro del estado óptimo de crecimiento; adicionalmente permite que se reduzca el costo de personal dedicado a labores directas sobre el cultivo.

RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de acceso remoto, que permita tener conocimiento de las variables del invernadero desde cualquier parte del mundo.
- Incluir tren de tiempos al motor, para el sistema de apertura y cierre de la cortina en caso de que un obstáculo interfiera en el recorrido de la misma.
- Implementar un sistema de luz artificial, para mejorar la calidad del cultivo y acortar el tiempo de producción.
- Hacer un sistema de control para el sustrato de modo que informe en qué momento se debe cambiar la solución.
- Adicionar una alarma que se active en el momento en que la cantidad de agua para los aspersores no sea suficiente.

BIBLIOGRAFIA

1. Alpizar, L. (2004). *Hidroponía cultivos sin tierra técnica simple*. p.108
2. Berrios A., Berthouly M., (1987). *Tecnología de cultivos de tejidos de café: medios y métodos de cultivos in vitro*. Manual N° 2
3. Bosques J. (2010) *Curso básico de hidroponía*. (p. 209)
4. Campbell N, Rece J. (2007) *Biología*. edición 7 (p 608)
5. Caicedo A, Muñoz (2006). *Bases para la certificación de plántulas de cítricos libre de enfermedades en Colombia*. (p 13).
6. Cardozo, D. I. K., & Jara, E. A. M. (2014). *Orientación por luminosidad diferencial. Detector y seguidor inteligente*. FPUNE Scientific, 6(6).
7. Carvajal M, Uriarte J, (2005) *plantación de hortalizas orgánicas*. Ed. CIPCA (pp. 10-15).
8. Castilla N. *Invernadero de plástico, tecnología y manejo*, 2a ed. Madrid, Barcelona, México, ed. Mundo prensa p. 462 Copyright. (2003) *La lechuga*. Editorial norma S.A
9. Ediciones paraninfo SA (2000). *Climatología, meteorología agrícola*. (p 427).
10. Champarnaud J. (1999). *Implementación automática*.
11. Cruchaga M, Edwards A, (1929). *Salitre y guano*
12. Del Medico B. (2014). *500 Secretos para tener un huerto maravilloso*. Ed. CLOE (pp. 150-152)
13. Diccionario de ciencias (2000)
14. Diccionario de la real academia española. Gonzales V. (1822).
15. Eduardo A, Arbones M. (1992). *Técnicas graficas en productiva*. Ed. mar combo (pp. 67-69).
16. Fuentes, J. (1996), *Técnicas de riego. 2 ed. Madrid España: ed. Mundo prensa*, pág. 471.

17. Galán J. (1987). *Sistema de unidades físicas*. (p 41)
18. Giaconi V, Escaff M. (1998) *Cultivo de hortalizas*. Ed. Universitaria p. 336
19. Giancoli D. (2006) *Física. Principios con aplicaciones*. 6ª ed. (p375)
20. Gonzales R (2006). *Huerta casera*. (p 9)
21. *La lechuga*. Ed. norma S.A
22. Lirio J, Bardají T, (2017). *Introducción a los riesgos geológicos*
23. Mandado E., Acevedo M., Fernández C. (2009). *Autómata programable y sistema de automatización*.
24. Mandado Y, Mandado E, (2007) *Sistemas electrónicos digitales* 9ª ed.; ed. Alfa omega. P. 884
25. Martín J. (2010). *Instalaciones domóticas*. Ed. Editex. pág. 240 (pp. 47-48)
26. Moran M., Shapiro H. (2009) *Fundamentos de termodinámica técnica*. 2ª ed. Correspondiente de la 4ª original (p18)
27. Muñoz J, Núñez D, (2012) *Automatización de invernadero en clima templado*. Universidad de San Buenaventura. Cali.
28. Noland T. L., Miller, J. R., Zarco-Tejada, P. J., Moorthy, I., Panigada, C., Mohammed, G. H., & Sampson, P. H. (2003). *Bioindicators of forest sustainability: Using remote sensing to monitor forest condition*.
29. Núñez M. (2002). *física 2*. (p 177)
30. Pallas R. (2004) *Sensores y acondicionadores de señal*. 4ª ed. Ed. Marcombo. (p. 494)
31. Parrado C, Ubaque H. (2004), *Buenas prácticas agrícolas en sistema de producción de tomate bajo invernadero*. ed. Jorge Tadeo lozano. P. 304
32. Peter H, Raven, Ray F, Susan E, (1992) *Biología de las plantas. Volumen 2*. ed. reverte (p 402).
33. Ponsa P, Vilanova R. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía gemma*. (p 11).
34. Ralph B. (2003). *Fundamentos de la química*. Ed. Pearson (pág. 745)

35. Ríos A. (2011). *Máquinas agrícolas, tracción animal e implementos manuales*. Instituto de investigación de ingeniería agrícola. La Habana 2011.
36. Rodríguez F (2005) *Modelado y control jerárquico de crecimiento de cultivo en invernaderos* (p 19).
37. Rojas S, García J, (2004) *Propagación asexual de plantas*. (P 32)
38. Santamaría E. (1993). *Electrónica digital y microprocesadores*. (p 257)
39. Santos, A. L., & Marín, J. G. (2008). *Flujos de CO₂ y medidos con cámaras de intercambio de gas y sensores de IR bajo condiciones de cielo abierto*. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 7(1).
40. Serna A., Ros F., Rico J. (2010). *Guía práctica de sensores*. Ed. Copyright (pp. 3-6)
41. Serrano Z. (2005) *construcción de invernaderos, 3ª ed. Madrid, Barcelona, México*; ed. Mundi-prensa p. 504
42. Snelder V. (2009) *Historia de los invernaderos*.
43. Teijón J., García J., Olmo R., García C., (1996) *Química. Teórica y problemas*. Ed. Tébar (p136)
44. Tojeiro, G (2009) *proteus. Simulación de circuitos electrónicos y microcontroladores a través de ejemplos*. Barcelona: Marcombo.
45. Torrente O (2013). *Arduino, curso práctico de formación*. Ed. Copyright p.588 (pp. 63-69)
46. Urrestarazu M. (2015). *Manual práctico de cultivo sin suelo e hidroponía*. pag. 278
47. Vázquez P, Gómez J, Molinero X, Martín A, (2006), *Programación en C++ para ingenieros*

48. Vidal, S., Domeneq, M. A., Domingo, F., Solé, A., & Puigde, J. (1996). *Desarrollo y calibración de un nuevo sensor de humedad de suelo. In IV Simposio sobre el Agua en Andalucía, Almería, Spain (Vol. 1, pp. 101-109).*
49. Viedma A. Zamora B (1997). *Teoría de máquinas hidráulicas.* Ed. universidad de Murcia. (p 13)
50. Walton H, Reyes J. (1983). *Análisis químico e instrumental moderno.* (P 147).

REFERENCIAS DE LA WEB

1. Aire acondicionado por Danel k. Merelles M. (2014)
<http://www.sodimac.cl/static/site/guiasdeCompra/GuiaExtractores/Guiaextractores.html>
2. Arduino <http://arduino.cl/arduino-leonardo/>
3. Automatización (2016)
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica>
4. Automatización-invernaderos (2016).
5. Automatización, control y monitoreo de invernaderos, (2014). Recuperado de <http://automatizacion-invernaderos.com>
6. Alternativo, técnica y horticultura, (2014)
Recuperado de <http://www.agrobit.com>
7. Control sensórica
https://www.pce-instruments.com/espanol/sistemas-regulacion-control/sensorica/sensor-humedad-kat_158678_1.htm
8. Mathas C. (2011) colaboración de electronics products. *Conceptos básicos sobre sensores de temperatura*. <http://www.digikey.com/>
9. Metaliser (2015).
10. MSP430 por Jesús R. (2014)
Recuperado de <http://www.geekfactory.mx>
11. Optisens pH 8100 (2012). *Hoja de datos técnica*
Recuperado de <http://cdn.krohne.com/>
12. Tutorial sensores
Recuperado de www.naylampmechatronics.com

13. El tiempo (2016).
14. Contexto ganadero (2015).
15. La República (2014)

ANEXO A. Manual de usuario

**MANUAL DE USUARIO PARA EL
SISTEMA AUTOMATIZADO DE
INVERNADERO HIDROPÓNICO**

CONTENIDO

01. Introducción

02. Recomendaciones generales

¡Advertencia! Instrucciones importantes de seguridad

03. Nota de precaución

04. Componentes del equipo

Unidad de control
Sensores
Actuadores

05. Ensamble de invernadero automatizado

06. Ventilación adecuada

07. Invernadero hidropónico automatizado

- ¿Qué es?
- ¿Cómo funciona?
- Ventajas
- Variables controladas

08. Conexiones

- Interfaz de usuario
- Interfaz de usuario: modulo de relevos de cuatro canales, puente H.
- Tarjeta de conexiones en proteus
- Diagrama de flujo general

09. Configuración de las distintas variables

Variables a medir

- Humedad
- Luminosidad
- Temperatura
- Co2
- Ph

10. Solución de problemas

11. Mantenimiento

Tras la finalización de la construcción de los invernaderos

Instrucciones generales

01.INTRODUCCION

Los estudiantes de la carrera tecnología electrónica, Omar Rojas Cardona, Jessica Zulaydi Vaca Lozano y Yeison Adalbert Vaca Lozano de la UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD) presentan a continuación el manual del usuario, diseñado para orientar y facilitar el uso del sistema automatizado de invernadero hidropónico, en la aplicación de la metodología para el desarrollo de cultivos bajo invernaderos.

02.RECOMENDACIONES GENERALES

¡ADVERTENCIA! INSTRUCCIONES IMPORTANTES DE SEGURIDAD

A partir del desarrollo del proyecto, se elaboraron algunas sugerencias y recomendaciones que permitirán tener un manejo adecuado del sistema automatizado y sin poner en riesgo el aparato ni la vida del usuario. En este sentido se recomienda:

1. Antes de usar el producto lea este manual para evitar fallas y guarde para futuras referencias. Las figuras e ilustraciones del manual se ofrecen como referencia solamente y pueden ser distintas del aspecto real del producto. El diseño y las especificaciones del producto están sujetos a cambios sin previo aviso.
2. Las ranuras y aperturas existentes en la unidad de control, en los sensores y actuadores se facilitan para proporcionar la ventilación necesaria. Para garantizar el funcionamiento fiable de este aparato, y para protegerlo frente a sobrecalentamiento, estas ranuras y aberturas nunca deben bloquearse ni cubrirse.
3. No coloque este aparato cerca o sobre un radiador o una rejilla de aire caliente.
4. No coloque recipiente con agua sobre ninguna de las partes eléctricas, ya que podría representar riesgo de incendio o descarga eléctrica.

5. No exponga este aparato directamente a la lluvia sin su respectivo protector ni lo coloque cerca del agua (cerca de una bañera, lavadero, sótano húmedo, ni cerca de una piscina o similar). Si alguna de las partes eléctricas accidentalmente se mojan, desenchúfelo y póngase en contacto inmediatamente con un autorizado. Antes de hacer mantenimiento a los canales de recolección de plantas o a alguna de sus partes desconecte el cable de alimentación de la toma corriente.
6. Póngase en contacto con las autoridades locales para obtener información sobre desecho y reciclaje.
7. No sobrecargue la toma mural, los alargadores por encima de su capacidad, ya que esto puede generar incendios o descargas eléctricas.
8. Los cables de alimentación y protección deben colocarse de forma que no puedan pisarse ni quedar atrapados por objetos encima o contra ellos, poniendo especial atención en los cables cerca del enchufe, los receptáculos y el punto en el que salen del aparato.
9. Para proteger este aparato durante una tormenta eléctrica o cuando no lo utilice durante largos periodos de tiempo, desenchúfelo de la toma. esto evitará que se dañe por rayos o picos de tensión de la línea eléctrica.
10. Nunca inserte nada metálico en las aberturas del aparato. Hacerlo puede crear peligros de descarga eléctrica.
11. No toque nunca el interior de la caja de control de este aparato ni ninguna de las partes eléctricas. Solo lo debe hacer personal autorizado.
12. Cuando conecte el cable de alimentación compruebe que el enchufe este firmemente insertado. Para desenchufar el cable de alimentación sujételo por el enchufe y tire de este para sacarlo de la toma corriente. Nunca toque el cable de alimentación con las manos mojadas.
13. Si el invernadero no funciona normalmente, en concreto, si emite sonidos extraños o desprende olores desde el interior, desenchúfelo inmediatamente y póngase en contacto con el centro de servicio técnico.
14. Use solamente conectores y receptáculos apropiados para hacer la conexión a tierra.
15. Para desconectar el aparato de la corriente, debe desenchufar el cable de la toma principal, por lo que el enchufe principal debe estar accesible.
16. No permita que los niños jueguen con el producto.
17. No coloque el producto en un lugar inestable, inclinado o expuesto a vibraciones.

03. Nota de PRECAUCION

PELIGRO DE DESCARGA ELECTRICA. NO ABRIR NINGUNA DE LA PARTES ELECTRICAS.

PARA REDUCIR EL PELIGRO DE DESCARGA ELECTRICA, NO RETIRE LA CUBIERTA DE LAS PIEZAS, NINGUNA DE ESTAS PUEDE SER REPARADA POR EL USUARIO.

CONSULTE AL PERSONAL CALIFICADO DE SERVICIO TECNICO.



Este símbolo indica la presencia de alto voltaje en el interior. Es peligroso entrar en contacto con cualquier pieza interior de este producto.

04. COMPONENTES DEL EQUIPO

1. Unidad de control

- Placa arduino Leonardo.

2. Sensores:

- sensor de humedad DHT22
- sensor de Ph MSP430
- sensor de luminosidad GY30
- d sensor de temperatura DHT22
- sensor de CO2 MQ135

3. Actuadores :

- Cortina
- Ventilador/ Extractor
- Aspersor horizontal
- Bomba eléctrica
- Tubería de recolección o drenaje

05. ENSAMBLE DE INVERNADERO AUTOMATIZADO

Este producto debe ser instalado únicamente según las recomendaciones del fabricante. A menos que se instale correctamente el producto puede tener fallas que pueden generar daños importantes en el producto.

Cada pieza está ubicada en un lugar estratégico para su correcto funcionamiento.



No instale, ni haga trabajo de mantenimiento con el producto encendido. Se podría producir una descarga eléctrica con riesgo de causar lesiones personales.

06. VENTILACION ADECUADA

No mantener una ventilación adecuada puede tener como consecuencia un incendio o un problema con el producto causado por un aumento en su temperatura interna.

- No cubra las ranuras y aberturas con un paño o con cualquier otro material.

07. INVERNADERO HIDROPONICO AUTOMATIZADO



¿Qué es?

El invernadero es una estructura usada para el cultivo y/o protección de plantas y cosechas, la cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de personas en su interior y si lo mezclamos con los cultivos sin suelo o hidroponía en donde las plantas crecen teniendo su sistema radicular dentro de una lámina de agua a través de la cual circula continuamente la solución de nutrientes.

¿Cómo funciona?

Se produce un movimiento continuo de una capa de nutrientes a través de los canales de plástico, que es bombeada por un sistema hasta los extremos de los mismos donde hay un desagüe, y por gravedad vuelven a un aljibe de recogida.

Ventajas

La implementación de la electrónica y en este caso un sistema automatizado, plantea una alternativa viable para la tecnificación de un invernadero y esto se reflejará en un beneficio para la comunidad en general, no solo productores, también comerciantes y consumidores, sin olvidar que es amigable con el medio ambiente al facilitar el ahorro de agua y agro-insumos.

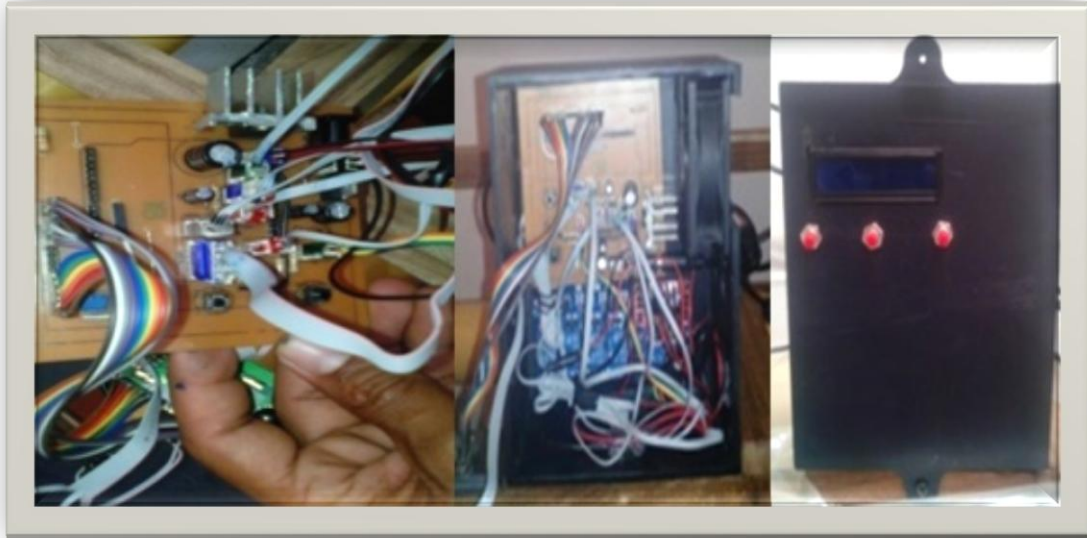
Por ser un cultivo hidropónico tiene muchas otras ventajas como:

- Ahorro en mano de obra
- Ahorro en uso de sustratos
- Mayor producción en menos espacio
- Menor pérdida en uso de fertilizantes. Solo se utilizan los necesarios.
- Mayores ganancias con menor inversión.

¿Qué variables se controlan?

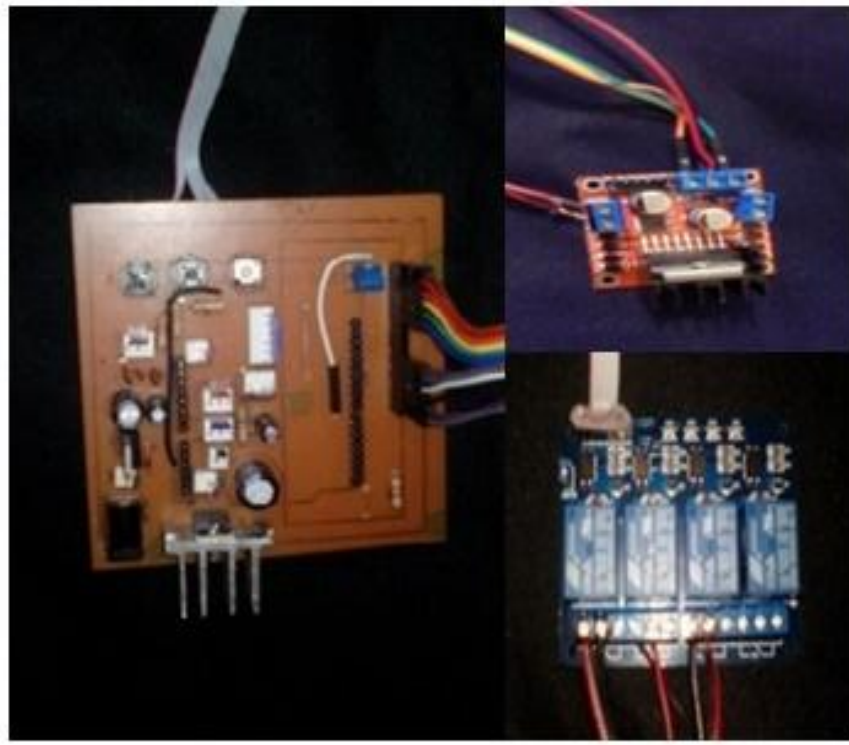
- Temperatura
- Humedad
- Luminosidad
- Ph
- CO₂

08. CONEXIONES



INTERFAZ DE USUARIO

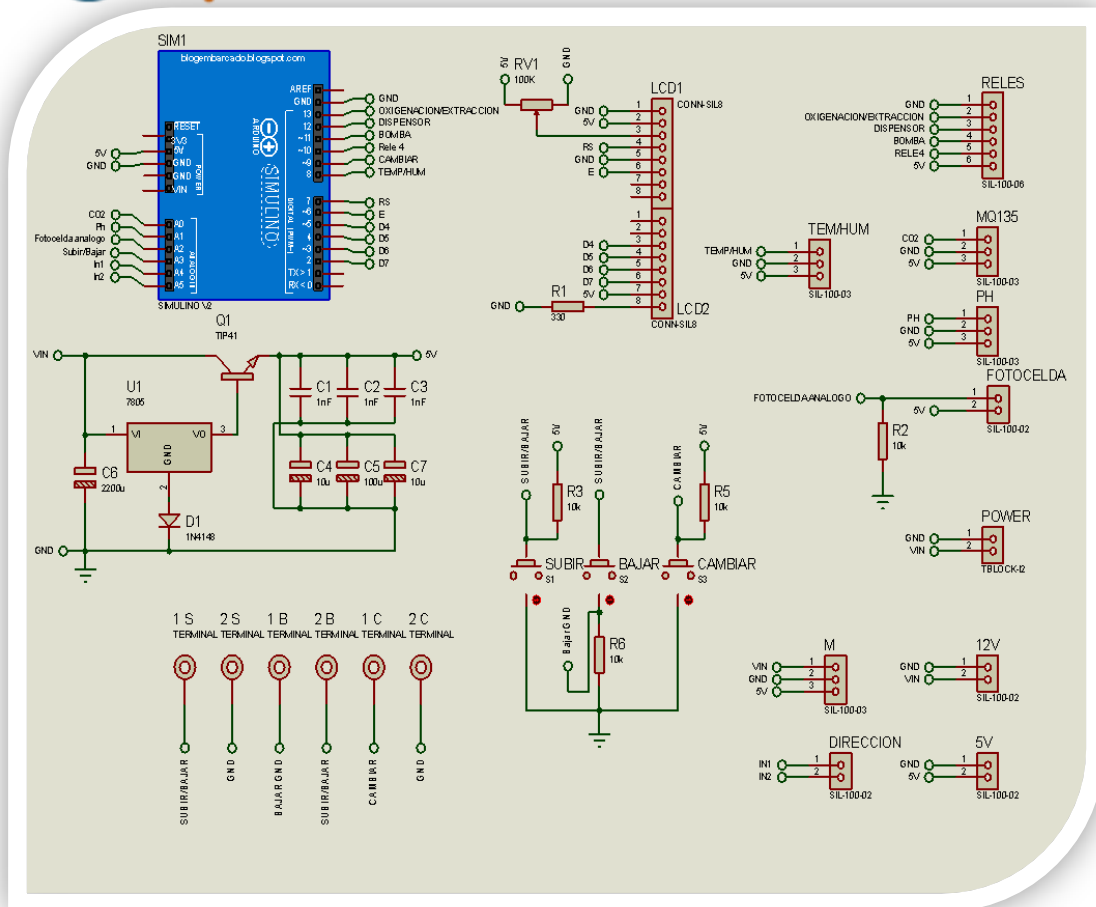
Interfaz de usuario: Es el medio con que el usuario puede comunicarse con una maquina, equipo, computadora o dispositivo y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo.



INTERFAZ DE USUARIO: TARJETA ARDUINO, MODULO DE RELEVOS DE CUATRO CANALES, PUEENTE H.

Módulo de relevos de cuatro canales: se trata de una placa de interfaz de relé de 4 canales, que puede ser controlado directamente por una amplia gama de microcontroladores tales como Arduino, AVR, del PIC, ARM, PLC, etc.

Puente H: Es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico girar en ambos sentidos, avance y retroceso. Son ampliamente usados en robótica y como convertidores de potencia.



Tarjeta De Conexiones En Proteus

Proteus: Es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, depuración y construcción. Tojeiro, G (2009).

DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL: En este diagrama de flujo se incluyen todos los elementos del sistema NFT de control y automatización, como se indicó en capítulos anteriores, es aquí, donde se lleva a cabo todo el proceso, encontramos sensores y actuadores que permitirán el perfecto funcionamiento del sistema, una vez conectados y alimentados todos los elementos se procede a iniciar el software de automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos, en el cual, como primer paso se procede a la configuración de los parámetros de los niveles de pH, CO₂, temperatura, humedad y luz. Una vez terminada la configuración de todos los parámetros se empieza a monitorear el sistema mediante la ventana de la interfaz de usuario, es ahí donde observamos el estado de todas las alarmas y actuadores.

A partir del momento de conectar el hardware y el software, el sistema de automatización y control se hace cargo del manejo de todas las variables.

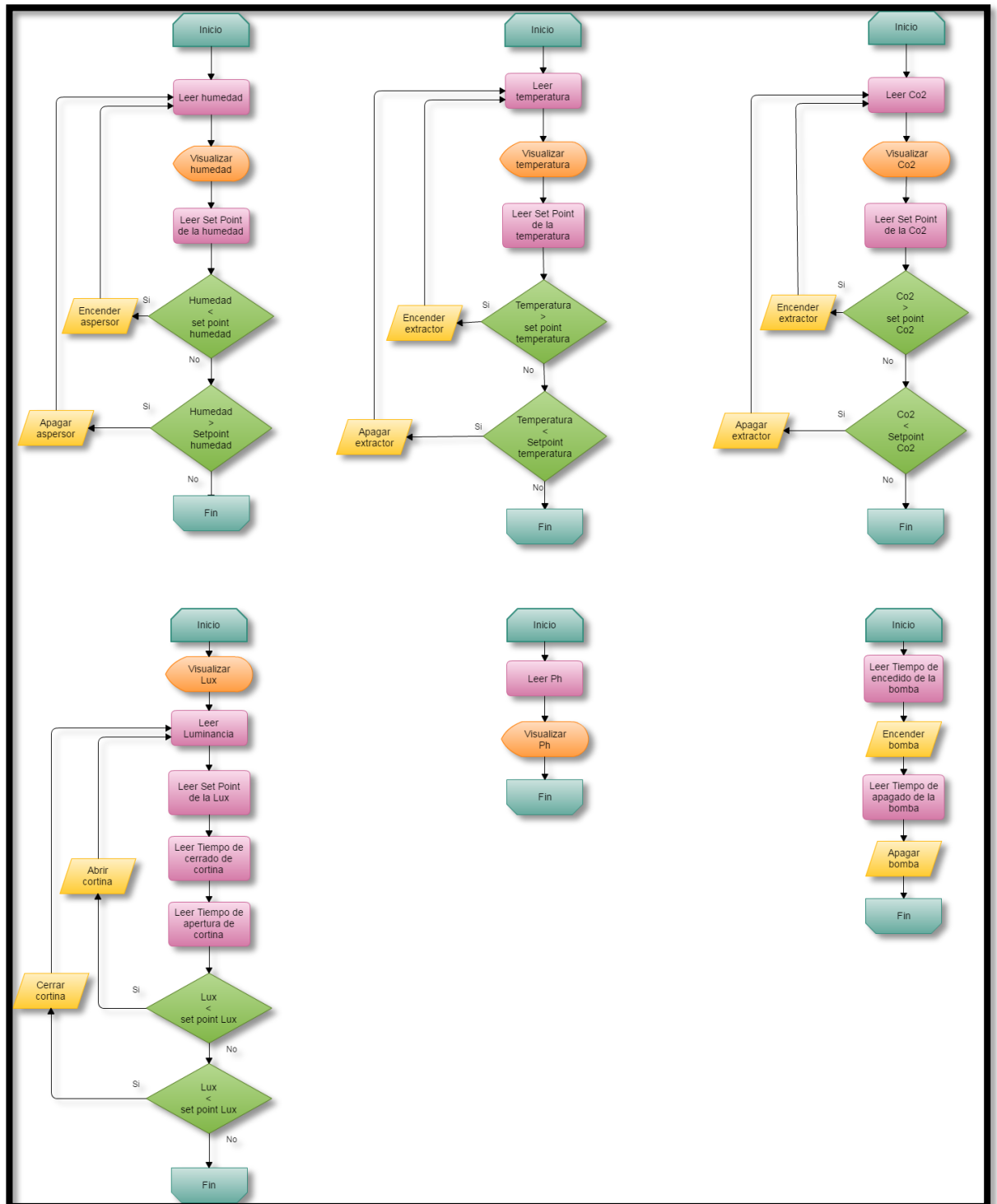


Diagrama De Flujo General

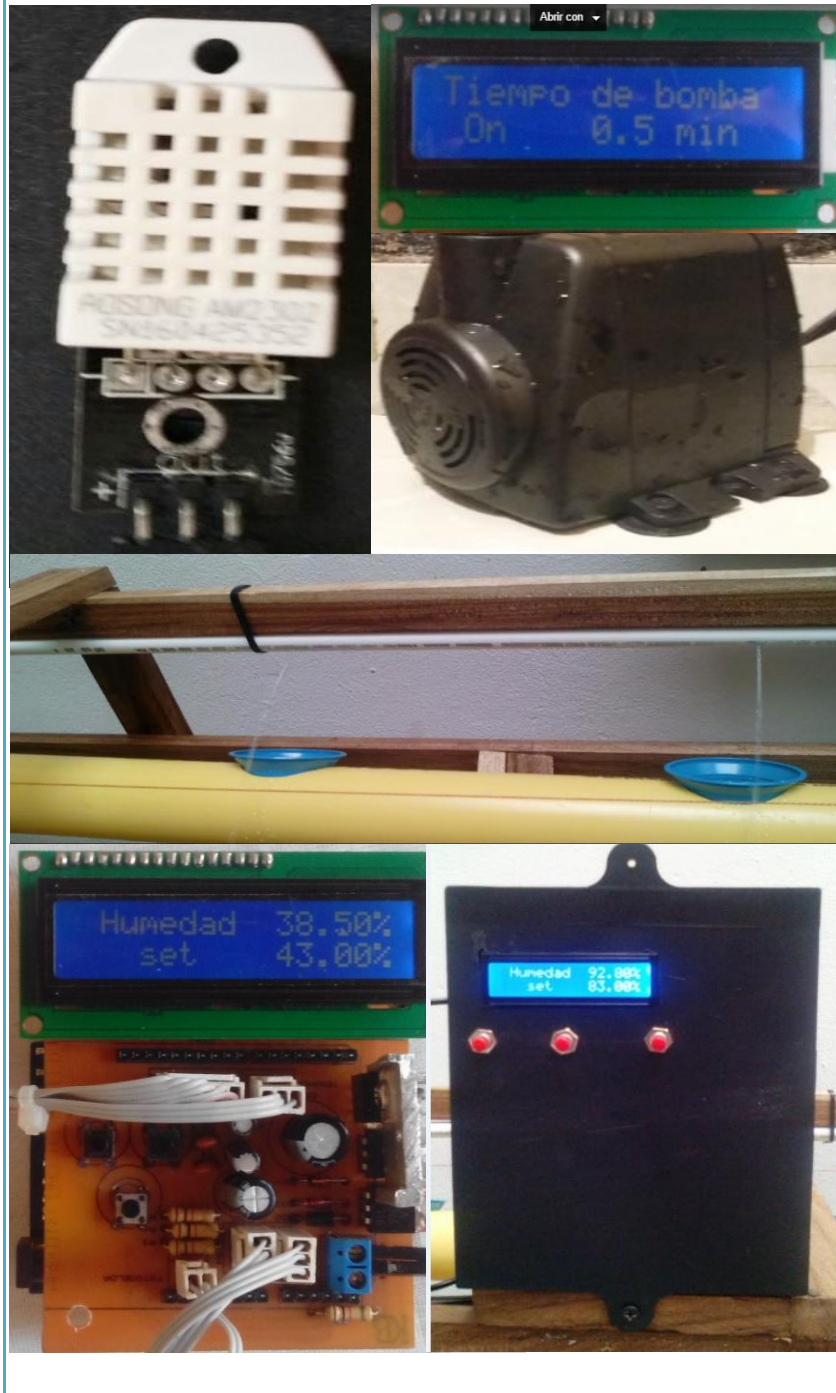
09. CONFIGURACION DE LAS DISTINTAS VARIABLES

Los sensores se distribuyen en diferentes áreas, para que cada uno funcione de forma autónoma. En el controlador central se recoge la información captada por los sensores, se coordinan las actuaciones y se envían las órdenes a los distintos lugares.

VARIABLES A MEDIR

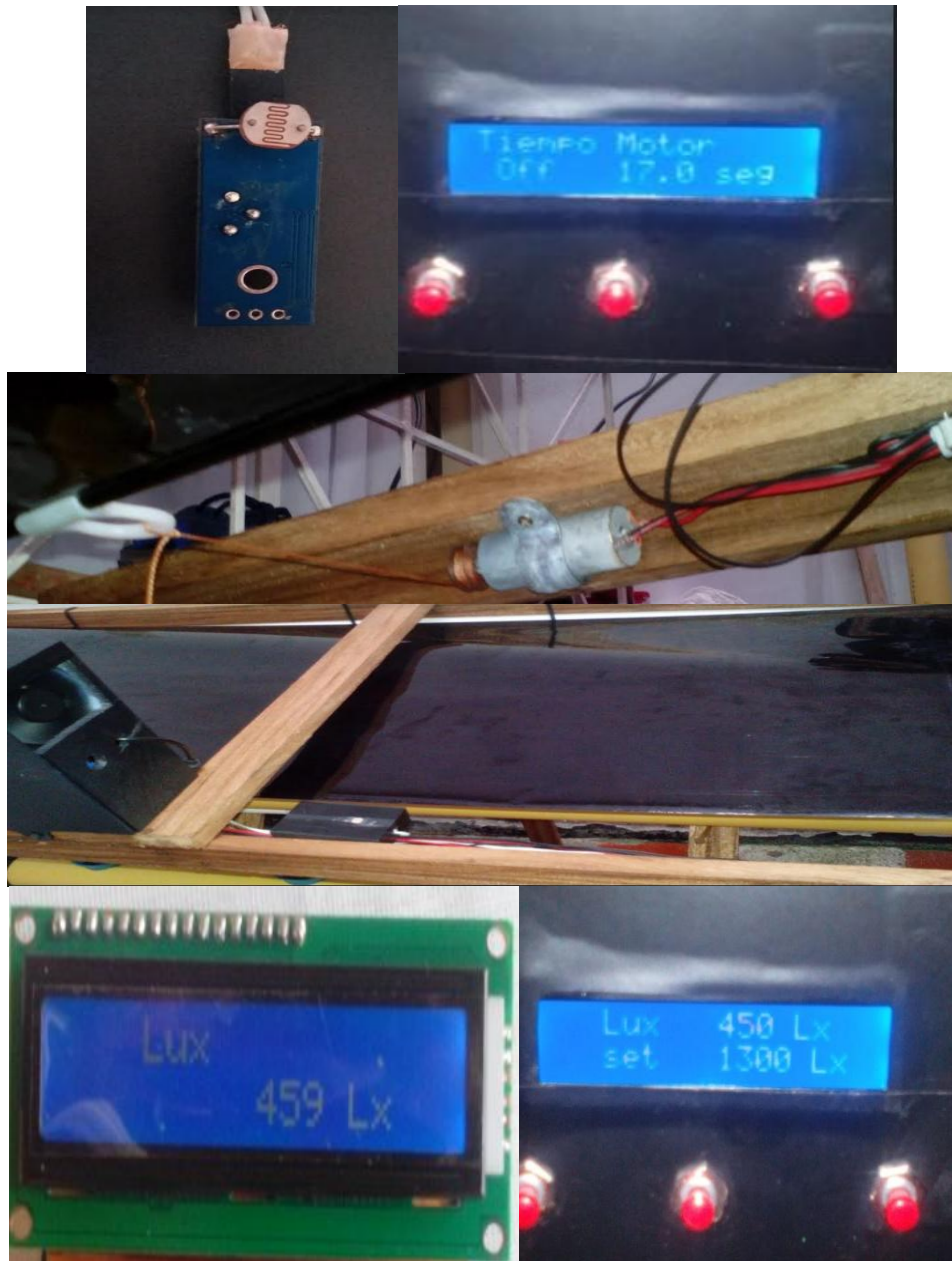
HUMEDAD: El sensor de humedad DHT22 recibe la señal, la visualiza en la pantalla LCD, si la humedad es menor que el set point activa el aspersor y cuando es mayor o igual al set point se desactiva.

Humedad



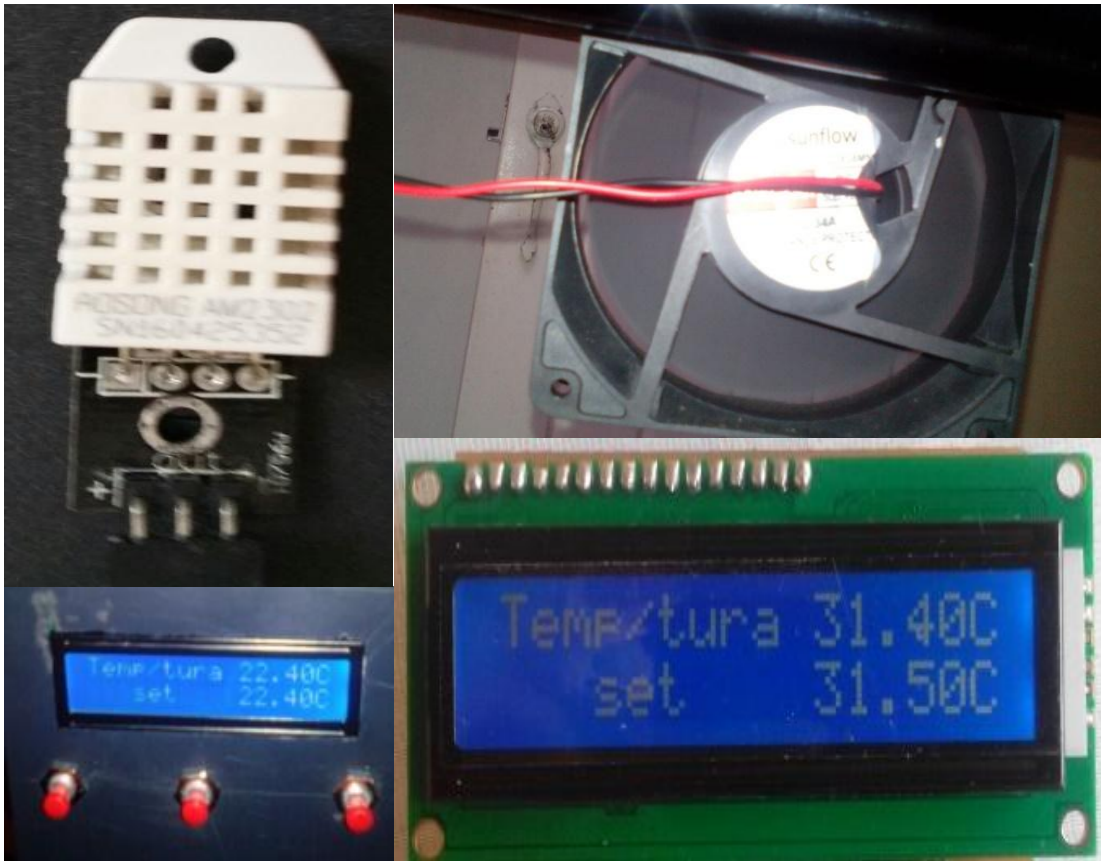
LUMINOSIDAD: El sensor de luminosidad GY30 recibe la señal, la visualiza en la pantalla LCD, si la cantidad de lúmenes es menor que el set point la cortina se cierra y si es mayor que la del set point se abre con ayuda de un motor de 12v durante un tiempo programado a través del set point.

Luminosidad



Temperatura: El sensor de temperatura DHT22 recibe la señal, la visualiza en la pantalla LCD, si la temperatura es menor que el set point se apaga el ventilador y cuando es mayor set point se activa el ventilador.

TEMPERATURA



CO₂: El sensor de CO₂ MQ 135 recibe la señal, la visualiza en la pantalla LCD, si el CO₂ es menor que el set point se apaga el extractor y cuando es mayor set point se activa el extractor.

CO₂



PH: El sensor de pH MSP 430 permanece en el sustrato y envía la señal de y la visualiza en la pantalla.

PH



10. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Si cree que el producto tiene un problema, revise primero esta lista de posibles problemas y soluciones.

Si no se aplica ninguna de las sugerencias para la solución de problemas llame al servicio técnico.

PROBLEMAS	SOLUCIONES
No hay paso de la solución nutritiva por toda la tubería de recolección.	Revise que nada este obstruyendo el paso de la solución como por ej. (Objetos ajenos al producto).
Conexiones de los componentes	Confirme que los puertos de entrada estén conectados a los puertos de salida en la parte externa y que las conexiones no estén flojas.
Apagado no deseado o problemas de encendido	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Si su invernadero automatizado parece apagarse solo o tiene problemas para encenderlo verifique que el cable de alimentación esté conectado correctamente. ✓ Asegúrese de que la toma funcione. ✓ Reinicie el sistema conectado desconectando y conectando nuevamente el cable de alimentación.
Alguno de los actuadores no funciona	Limpie con un paño la ventana de transmisión de los sensores.
El personal de soporte técnico puede: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Diagnosticar el sistema ✓ Ajustar la configuración ✓ Restablecer los parámetros de fabrica 	

11.MANTENIMIENTO

1. Tras la finalización de la construcción de los invernaderos:

- ✓ Se verificara que las estructuras y los sistemas estén en orden de operaciones, a la satisfacción del cliente.
- ✓ El mantenimiento y conservación de las instalaciones se encuentran bajos la responsabilidad exclusiva del cliente.
- ✓ Cuanto más alto el nivel de manutención, más larga será la vida de los invernaderos y del equipo interno.
- ✓ Invernaderos y sistemas en funcionamiento constante, deben ser regularmente revisados.

Los invernaderos están expuestos al desgaste, por elementos externos (sol, viento, nieve, lluvia, etc.). Los componentes de los cuales se construye la estructura hacen que el invernadero pueda resistir ese estrés.

El mantenimiento adecuado le proporcionara muchos años de uso óptimo del sistema y el equipo interno. La frecuencia de los exámenes debe estar de acuerdo con el grado de exposición del invernadero a condiciones peligrosas. Cuanto más graves las condiciones, tanto mayor es la necesidad de un examen frecuente y servicio continuo.

2. Instrucciones generales:

- **Servicio periódico:** Sin eventos especiales durante el primer año tras la finalización de la construcción del invernadero hidropónico automatizado, se podría llevar a cabo un examen una vez al año.
- **Por parte del cliente:**
 - ✓ Limpiar los **tubos de recolección** y eliminar todos los residuos que se han acumulado.

- ✓ Verificar que las **tuberías de desagüe** están abierta y que el agua fluye libremente.
 - ✓ Comprobar que la **cubierta** de la película del techo es tensa.
 - ✓ Examinar el apriete de los cables. Estirar y ajustar si es necesario.
 - ✓ Verificar que la **película** de nutrientes siga rodando sobre los tubos libremente.
 - ✓ Comprobar que no hay **desgarros o agujeros** en la cubierta. Reparar si hay.
 - ✓ Comprobar que no hay amenaza de **inundación** del invernadero.
 - ✓ Limpiar el área del invernadero de cualquier residuo.
 - ✓ Comprobar el **aislamiento** de protección de todos los paneles de electricidad y todas las cajas de conexión.
 - ✓ Examinar todas las **conexiones** y el aislamiento de todos los cables eléctricos.
-
- **Servicio siguiendo tormentas severas:**
 - ✓ Examinar todas las partes del invernadero y compruebe que nada ha sido dañado o rasgado por la intensidad de la tormenta. Reemplazar inmediatamente cualquier parte dañada.
 - ✓ Examinar todos los cables del invernadero. ajustar, de ser necesario. (novedades agrícolas 2016).