



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de un sistema hidropónico para granjas familiares

Moreno de la Cruz, Juan David

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Automatización e
Instrumentación

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

15 de febrero del 2022

Latacunga



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN
AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un sistema hidropónico para granjas familiares ”** fue realizado por el señor **Moreno de la Cruz, Juan David** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 15 de febrero del 2022



Firmado electrónicamente por:
**ZAHIRA ALEXANDRA
PROANO CAÑIZARES**

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

C.C.: 0502272131

REPORTE DE VERIFICACIÓN DE CONTENIDO



MONOGRAFIA_MORENO JUAN_ANTIPLAGIO.docx

Scanned on: 14:7 February 15, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	310
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	355
Ommited Words	1570



Firma electrónica por:
ZAHIRA ALEXANDRA
PROAÑO CAÑIZARES

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra
C.C.: 0502272131



Website | Education | Businesses



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN
AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Moreno de la Cruz, Juan David, con cédula de ciudadanía n°1850277110, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: Implementación de un sistema hidropónico para granjas familiares es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 15 de febrero del 2022

Moreno de la Cruz, Juan David

C.C.: 1850277110



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN
AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo Moreno de la Cruz, Juan David autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: Implementación de un sistema hidropónico para granjas familiares en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 15 de febrero del 2022

Moreno de la Cruz, Juan David
C.C.:1850277110

Dedicatoria

A mi madre Gloria por ser el ser más bondadoso y el pilar más importante en mi vida y enseñarme a ser una persona de bien.

A mi padre Nilo, a pesar de la distancia le siento que está presente, aunque faltó mucho por vivir juntos.

A mis hermanos Alexandra y Daniel por estar siempre conmigo apoyándome y sobre todo dándome amor.

MORENO DE LA CRUZ, JUAN DAVID

Agradecimiento

A Dios, por darme la vida y permitir llegar a este momento tan importante de mi vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A todos mis profesores y autoridades de Carrera de Automatización e Instrumentación que impartieron conocimientos y me guiaron. Especialmente al Ing. Pablo Pilatagsi por sus consejos y apoyo incondicional.

A mi directora de tesis Ing. Zaira Alexandra Proaño Cañizares, por su don de gente y profesionalismo.

A mis padres y hermanos por estar siempre presente.

MORENO DE LA CRUZ, JUAN DAVID

Tabla de Contenidos

Carátula	1
Certificación.....	2
Reporte de Verificación de Contenido.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de Contenidos.....	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
Resumen	16
Abstract	17
Introducción.....	18
Tema.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del problema	20
Justificación.....	20
Objetivos	21
<i>Objetivo general.....</i>	<i>21</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>22</i>
Alcance.....	22
Marcoteórico.....	23
Hidroponía.....	23

<i>Importancia de la hidroponía</i>	23
<i>Técnicas hidropónicas</i>	24
<i>Técnica de película de nutrientes (NFT)</i>	25
<i>Componentes del sistema</i>	26
<i>Recipientes y Contenedores</i>	26
<i>Localización e instalación de una huerta hidropónica</i>	27
Automatización hidropónica	28
<i>Sistemas de control</i>	28
<i>Clasificación de sistema de control</i>	29
<i>Elementos primarios de control</i>	30
<i>Sensor</i>	31
<i>Transductor</i>	31
<i>Transmisor</i>	31
<i>Medición de pH</i>	32
<i>Medición de humedad</i>	32
<i>Medición de temperatura</i>	33
<i>Medición de nivel</i>	33
<i>Medición de Luz</i>	33
Controlador	33
<i>Microcontroladores</i>	34
<i>Aplicaciones de los microcontroladores</i>	35
<i>Lenguajes de Programación</i>	36
<i>Autómatas programables</i>	37
<i>Comparación entra un microcontrolador y un autómatas programable</i>	38
Elementos finales de control	39

	10
<i>Tipos de actuadores.....</i>	39
<i>Electroválvulas</i>	40
<i>Bomba.....</i>	40
Sistema de control hidropónico	41
<i>Redes de Comunicación.....</i>	42
<i>Interfaces de comunicación.....</i>	43
<i>Operación del proceso.....</i>	45
<i>Estructura física.....</i>	45
<i>Microcontrolador</i>	46
<i>Monitoreo.....</i>	46
<i>Elementos de maniobra</i>	47
Selección hardware	47
<i>Microcontrolador</i>	47
<i>Sensor de temperatura y humedad.....</i>	48
<i>Sensor de pH.....</i>	48
<i>Sensor de nivel ultrasónico</i>	49
<i>Sensor de temperatura</i>	50
<i>Reloj (RTC).....</i>	52
Etapa de potencia.....	53
<i>Luz de crecimiento</i>	55
<i>Electrobomba.....</i>	56
<i>Bomba.....</i>	57
Pantalla LCD i2c (Liquid Crystal Display)	58
<i>Programación en Arduino</i>	62
<i>Diagrama de conexión</i>	66

11

Implementación69

Montaje de componentes dentro del tablero control.....69

Conclusiones y Recomendaciones74

Conclusiones.....74

Recomendaciones.....75

Bibliografía.....76

Anexos.....86

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación del Microcontrolador y el PLC.....	38
Tabla 2 Elementos de la tarjeta Arduino Mega	47
Tabla 3 Especificaciones técnicas DHT11	48
Tabla 4 Especificaciones técnicas sensor pH	49
Tabla 5 Características técnicas sensor ultrasónico HC-SR04	50
Tabla 6 Características técnicas sensor DS18B20	51
Tabla 7 Características del sensor de iluminación.....	52
Tabla 8 Características del reloj RTC DS1307.....	53
Tabla 9 Especificaciones técnicas modulo relé.....	54
Tabla 10 Especificaciones técnicas del ventilador.....	55
Tabla 11 Especificaciones técnicas de la tira luz led	56
Tabla 12 Especificaciones técnicas de Electrobomba	57
Tabla 13 Especificaciones técnicas de la bomba.....	58
Tabla 14 Componentes y conexiones con el microcontrolador	61

Índice de figuras

Figura 1 Técnica de película de nutrientes.....	25
Figura 2 Sistema de control de lazo abierto	29
Figura 3 Sistema de control de lazo cerrado.....	30
Figura 4 Escala de PH	32
Figura 5 Microcontrolador	35
Figura 6 Lenguaje de programación.....	36
Figura 7 Partes de un autómata programable PLC.....	37
Figura 8 Succión de una bomba.....	41
Figura 9 Control hidropónico.....	42
Figura 10 Interfaz de control	44
Figura 11 Modulo del sensor de humedad y temperatura DTH11	48
Figura 12 Módulo de pH y sensor de pH.....	49
Figura 13 Sensor Ultrasónico	50
Figura 14 Sensor de temperatura.....	51
Figura 15 Sensor de luz del día	52

	14
Figura 16 Reloj RTC DS1307	53
Figura 17 Modulo relé de 8 canales	54
Figura 18 Ventilador	55
Figura 19 Tira de luz led ultravioleta.....	56
Figura 20 Electrobomba.....	57
Figura 21 Datos de placa de la bomba de agua	58
Figura 22 Pantalla LCD.....	59
Figura 23 Componentes del proyecto.....	59
Figura 24 Diagrama de flujo del sistema de control hidropónico	60
Figura 25 Librerías utilizadas para el funcionamiento de sensores.....	62
Figura 26 Variables y pines de los sensores, actuadores y indicadores led.	62
Figura 27 Configuración de los parámetros y variables de los sensores.	63
Figura 28 Configuración de los parámetros de LCD i2c y la RTC	63
Figura 29 Configuración del modo de uso de los pines	64
Figura 30 Configuración para determinar el tiempo actual.	64
Figura 31 Control de las variables	65

	15
Figura 32 Configuración para determinar el tiempo actual.	65
Figura 33 Diagrama de conexión del sistema hidropónico	66
Figura 34 Instalación de los sensores, actuadores y parte exterior del tablero	69
Figura 35 Sensores, actuadores y las conexiones con el tablero control.....	70

Resumen

El presente proyecto se centra en implementar un sistema hidropónico, para granjas familiares, utilizando un tablero con pulsadores, pantalla LCD, leds y se permita monitorear el estado de las variables controladas mediante el microcontrolador Arduino MEGA. El proyecto consta del sensor (DHT11) que mide la temperatura entre 15 °C y 20 °C; un sensor de pH para medir entre 5.5 a 6.5 el pH de la sustancia nutritiva; un sensor de luz de día (LDR); el reloj (RTC DS 1307) que permite programar el suministro de nutrientes cada 4 horas; un sensor ultrasónico que mide el nivel del agua en el reservorio; una bomba de agua para la recirculación de la sustancia nutritiva; un ventilador que se encenderá cuando la temperatura esté por encima de 20°C y se apagará cuando esté por debajo de 10°C; tres electrobombas, una para que ingrese la base (bicarbonato de sodio) al reservorio para subir el nivel del pH del agua, la segunda para que ingrese el ácido acético (vinagre) al reservorio para bajar el nivel del PH del agua y la tercera para que la sustancia nutritiva ingrese al tanque reservorio; una cinta led que proporcione luz ultravioleta; y finalmente de un LCD donde se muestra las variables controladas. Los rangos fueron programados en el microcontrolador y la programación conjuntamente con el hardware fueron simulados en un software apropiado. Como producto final se tiene un sistema hidropónico que controla la temperatura, pH, luz del día y nivel de agua.

Palabras clave:

- **SISTEMA DE CONTROL HIDROPÓNICO**
- **MEDICIÓN DEL PH**
- **TEMPERATURA Y HUMEDAD**
- **LUZ ULTRAVIOLETA (UV)**
- **SUMINISTRO DE NUTRIENTES**

Abstract

This project focuses on implementing a hydroponic system for family farms through a board with push buttons, LCD display, LEDs that allow monitoring the status of the variables controlled by the Arduino MEGA microcontroller. The project consists of the sensor (DHT11) that measures the temperature between 10 °C and 20 °C; a pH sensor to measure between 5.5 to 6.5 the pH of the nutrient substance; a daylight sensor (LDR); the clock (RTC DS 1307) that allows to program the nutrient supply every 4 hours; an ultrasonic sensor that measures the water level in the reservoir; a water pump for the recirculation of the nutrient substance; a fan that will turn on when the temperature is above 20°C and will turn off when it is below 10°C; three electric pumps, one for the base (sodium bicarbonate) to enter the reservoir to raise the pH level of the water, the second for the acetic acid (vinegar) to enter the reservoir to lower the pH level of the water, and the third for the nutrient to enter the reservoir tank; an LED strip that provides ultraviolet light; and finally an LCD displaying the controlled variables. The ranges were programmed in the microcontroller and the programming together with the hardware were simulated in an appropriate software. As a final product we have a hydroponic system that controls temperature, pH, daylight and water level.

Key words:

- **HYDROPONIC CONTROL SYSTEM**
- **PH MEASUREMENT**
- **TEMPERATURE AND HUMIDITY**
- **ULTRAVIOLET (UV) LIGHT**
- **NUTRIENT SUPPLY**

Capítulo I

1. Introducción

1.1 Tema

Implementación de un sistema hidropónico para granjas familiares

1.2 Antecedentes

La propiedad pertenece a la familia Zamora Medina ubicada en la parroquia urbana de Izamba, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, tiene una extensión de 510 m² esta la vivienda con jardines con plantas de diversa índole.

Las plantas existentes están cultivadas en la tierra sin tratamiento expuesto a la contaminación con plagas o desagradados, cuyo destino es el consumo propio de la familia.

Como antecedentes se tiene dos tesis de automatización y control del sistema en cultivos de hidroponía, en las que se detalla la conclusión y el resultado de los autores.

Inca Sánchez Saúl Adrián (2013) Tema: "AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA NFT PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS"

Inca (2013) concluye "La Interfaz de Usuario creada para monitorear el proceso de control y automatización, hace de este sistema una herramienta sencilla y amigable con el usuario, en el cual se puede manejar todas las variables involucradas en los cultivos hidropónicos (pág. 109).

Como resultado obtuvo Inca (2013)

“Aplicando el uso del software LabVIEW y Hardware Arduino se diseñó un sistema robusto, fiable, que puede ser usado sin problemas a gran escala y además de coste bajo lo cual hace de este un sistema atractivo para los productores” (pág. 109).

Uziel Trujillo Colón (2020) Tema: Tekax - Aplicación móvil para el control de cultivos hidropónicos utilizando IoT.

Uziel (2020) concluye “El control de los cultivos hidropónicos también es más cómodo de llevar desde el componente 4 (aplicación móvil), ya que permite realizar los siguientes ajustes: encender o apagar la bomba agua, creación de nuevos cultivos, establecimiento de la altura del contenedor de la solución nutritiva, emparejar o desvincular un usuario con el componente 2. Finalmente es posible acceder a la información almacenada en el componente 3 y así poder visualizar el estado actual de las cosechas o incluso generar los procesos necesarios para verificar su comportamiento de forma gráfica, mediante sus históricos” (pág. 160).

Como resultado obtuvo Uziel (2020) “Con las herramientas propuestas, el tiempo dedicado a la administración se ve reducido de forma considerable, ya que el usuario en todo momento, puede conocer el estado de la cosecha sin estar físicamente presente, esto es, debido a que toda la información recolectada por el componente 2 (automatización hidropónica) utilizando diferentes sensores, se envía hacia el componente 3 (base de datos) que almacena todos estos datos en la nube, estas acciones, permiten que la información pueda ser accedida desde cualquier parte del mundo, siempre y cuando se cuente con una conexión a internet y se posean las credenciales necesarias” (pág. 160)

1.3 Planteamiento del problema

En la propiedad de la familia Zamora existen escasas hortalizas sin tratamiento expuestas a plagas, la mayoría de ellas se desperdician por falta de un método adecuado e implementación de un sistema inteligente que coadyuven a gestionar mejor el cultivo de plantas nutritivas para el consumo humano, cabe mencionar que la propiedad también carece de espacio físico de suelo, para el cultivo de plantas alimenticias por este motivo los miembros del hogar se ven obligados salir a comprar en el mercado o en las tiendas del barrio alimentos que pasan por varios intermediarios con el riesgo que puede contener restos de virus y contagiarse de Covid 19 que actualmente todo el planeta padece de esta pandemia.

El problema a resolver con este proyecto es proponer y ejecutar una solución tecnológica que permita la administración de los mismos.

1.4 Justificación

El gran crecimiento de las urbes en los últimos años donde se concentra la población ha dado lugar al reducimiento de espacios cultivables, en este marco la hidroponía, es una excelente solución para poder disponer de un cultivo casero sin necesidad de suelo donde las plantas reciben los nutrientes necesarios a través del agua y cuyo sistema es de fácil adaptación espacial, (Cacciagioni, Eizmendi, & Nieva Casanova, 2018)

Este proyecto surge para brindar la posibilidad de una alternativa que permita llevar el control y la administración en forma adecuada los cultivos hidropónicos y producir alimentos sin un espacio de tierra, cuyo objetivo es la simpleza funcional, siendo importante la implementación del sistema hidropónico en plantas alimenticias para el consumo humano.

A través de la automatización del proceso por medio de un controlador donde se reconozca la cantidad de sustancias, el tiempo para realizar la recirculación de agua en las tuberías donde se encuentra las plantas, además, a través de un tablero de control se pueda observar los datos para suministrar los nutrientes, control del pH, y el tiempo de recirculación del agua. El impacto a corto plazo será incrementar notablemente la producción de plantas alimenticias de consumo humano en granjas familiares.

El sistema hidropónico cuenta con una estructura resistente y adecuada anti oxidable para facilitar el cuidado del cultivo, se puede desarmar, beneficiando su limpieza y mantenimiento, además cuenta con un factor de seguridad y confiabilidad adecuada para la operación del mismo.

Como resultado se puede mencionar que se obtendrá mayor producción de excelente calidad y sanidad asegurando un uso más eficiente del agua y fertilizante a fin de que la alimentación de la familia sea sana, nutritiva libre de virus, y contagios.

A través de la implementación del sistema hidropónico automatizado se obtiene mayores rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y elevada productividad por planta, (Inca Sánchez, 2013)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Implementar un sistema hidropónico para granjas familiares con una interfaz de usuario que permita seleccionar los parámetros adecuados para el crecimiento correcto de la planta a cultivar.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar una investigación con el ingeniero agrónomo de los parámetros adecuados para el desarrollo correcto de tres o cuatro plantas a cultivar.
- Seleccionar el controlador para que se reciba la información del sensor y los actuadores seleccionados.
- Programar el microcontrolador para que ejecute las acciones necesarias para un control adecuado.
- Evaluar el funcionamiento del sistema.

1.6 Alcance

Para la activación automática, tendrá un tablero de control para el inicio y parada del sistema; estructuralmente se elaborará con tubos metálicos, tubos PVC, y con hojas de triples. Para el funcionamiento del sistema, incluirá un sensor de temperatura ambiente para evitar daños a los cultivos, mediante actuadores adecuados se controlará la cantidad de alimento que circulará por la tubería y la bomba para la recirculación del agua.

Capítulo II

2 Marco teórico

2.1 Hidroponía

La hidroponía es un conjunto de técnicas que admite cultivar plantas en un medio libre de suelo, con estructuras simples o complejas se puede producir plantas en espacios reducidos como azoteas, balcones, etc. Con el avance de la tecnología, en los últimos tiempos se han desarrollado técnicas que se apuntalan en sustratos (medios que sostienen a la planta) o en sistemas con aportaciones de soluciones con nutrientes estáticos o circulantes, en base a las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes de (Beltrano & Giménez, 2015). En este mismo sentido, Gilsanz (2007), menciona que la hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados “cultivos sin suelo”. El medio de crecimiento de la planta está constituido por sustancias, orgánicas o inorgánicas (pág. 9).

2.1.2 Importancia de la hidroponía

Según Vidal (2018), la hidroponía popular en América Latina realiza con adaptaciones del medio que son reciclados junto con la tecnología ha ayudado a solucionar los diversos inconvenientes de acceso a alimentos frescos y sanos.

No obstante, la hidroponía ha permitido satisfacer las necesidades alimenticias, generalmente los cultivos hechos en casa de hortalizas, frutillas, flores han logrado ser productos sanos aptos para una alimentación saludable. En muchos casos, el tiempo de desarrollo de la planta se acorta, por ejemplo, en lechugas cultivadas en tierra su ciclo es aproximadamente 3,5

meses, mientras con la técnica hidropónica de raíz flotante y la técnica de película nutriente (NFT) el cultivo es solo en 1.5 meses a partir de su germinación (Beltrano & Giménez, 2015).

Según el Centro de Investigaciones de Hidroponía y nutrición mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina (2018), la técnica hidropónica permite producir plantas sin emplear suelo, convirtiéndose en una técnica operativamente sencilla y aplicable en muchos países latinoamericanos (pág. 22).

2.1.3 Técnicas hidropónicas

Según Herrera (1999), las técnicas de producción en hidroponía se clasifican en función del medio de crecimiento en que se desarrolla el sistema esencial de las plantas, las cuales son: técnicas en medio líquido dentro de éstas se ubican las técnicas en película nutritiva (NFT), la aeropónica y la hidroponía en flotación (raíz flotante); en otro grupo adicional se encuentran los cultivos en arena, grava y otros sustratos (pág. 222).

Barrios (2004), propone las siguientes técnicas hidropónicas:

- Cultivo en Sustrato: se utiliza sustratos para cultivar cualquier tipo de hortalizas que le proporcionan a la planta las condiciones necesarias de oxígeno y humedad para su buen desarrollo.
- Raíz flotante: en una mezcla de agua y una solución concentrada de nutrientes las raíces de las plantas están flotando estas plantas se pueden acelerar su tiempo de desarrollo y es importante tener precaución en el pH y la conductividad de la solución nutritiva.
- Sistema NFT (Nutrient Film Technique): es una técnica de película de nutriente donde las plantas crecen sobre una lámina de agua en continuo movimiento, y enriquecida con soluciones nutritiva.

Barrios (2004), indica que para la recirculación del agua se utiliza una bomba sumergible para distribuir adecuadamente el flujo del agua a lo largo de tubos de PVC, este flujo debe ser inquebrantable sobre todo en periodos de mucho calor para evitar que las plantas o las raíces se resequen (pág. 14).

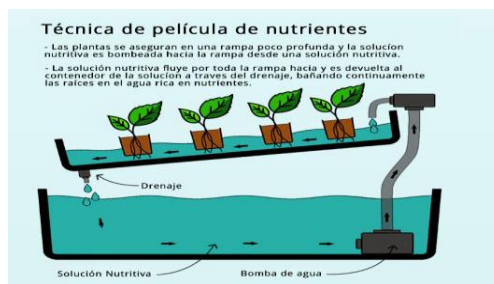
2.1.3.1 Técnica de película de nutrientes (NFT)

Trujillo (2020), detalla la solución nutritiva puede circular de forma continua y es necesario el uso de canales profundos o semiprofundos, mientras que el aporte de oxígeno no es necesario, ya que la solución se encuentra en movimiento. Cabe importancia que la técnica de película de nutrientes con base en el uso de un canal con pendiente adecuada, un caudal correcto, y una longitud correcta del canal tendrá una gran ventaja para el crecimiento de las raíces que están expuestas a un suministro adecuado de agua, oxígeno y nutrientes (Beltrano y Giménez 2015).

Según Pérez (2017), el éxito de la hidroponía depende de la composición de la solución nutritiva y la relación entre diferentes iones minerales, conductividad eléctrica y pH. Ver Figura 1.

Figura 1

Técnica de película de nutrientes



Nota. La solución nutritiva fluye por toda la rampa hacia y es devuelta al contenedor de la solución a través del drenaje. Tomado de (Beltrano & Giménez, 2015).

2.1.3.2 Componentes del sistema

Los componentes del sistema NFT o Recirculante son los siguientes:

- Reservorio de la Solución Nutritiva
- Electrobombas
- Canales de Cultivo (Tuberías de PVC)
- Solución Nutritiva (Película de Nutrientes)

2.1.4 Recipientes y Contenedores

Según Marulanda e Izquierdo (2003), los recipientes y los contenedores que se pueden utilizar para las plantas, deben estar contruidos de acuerdo al espacio disponible, a las técnicas y las posibilidades económicas, de las personas que realizará la técnica.

En este marco las distancias (largo y ancho) de los contenedores pueden variar, pero su profundidad no debe ser mayor de 10-12 cm, dado que en el sistema hidropónico no es necesario un espacio mayor para el desarrollo de raíz de cada una de las plantas.

Marulanda, Izquierdo (2003) dan a conocer a la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación en el programa para el desarrollo recomienda los vario tipos de contenedores que se puede utilizar en cultivos hidropónicos como son:

- Cajas de madera forradas con plástico por dentro.
- Galones desocupados y abiertos por la mitad.
- Tubos PVC
- Canales de bambú o plástico
- Llantas de vehículos

Marulanda, Izquierdo (2003), para el desarrollo del cultivo hidropónico recomiendan tener en cuenta las siguientes directrices:

- Los agujeros, deben ser máximo de 2.5 cm (una pulgada) de diámetro.
- Debe existir una distancia mínima de 17 cm entre plantas
- Evitar el contacto de la luz con el líquido de la solución nutritiva
- La solución nutritiva en los tubos debe permanecer entre 5.5 y 6.5 de pH.
- Los sustratos deben contar con una resistencia al desgaste o a la meteorización.
- El material no debería ser portador de ninguna forma de enfermedades
- A cada cubo debe tener un corte vertical atravesando de arriba hacia abajo
- Los cubos deben ser humedecidos con solución nutritiva antes del trasplante.
- Al momento del trasplante se sacan las plantas y se lava la raíz dejando el cuello de la planta exactamente un centímetro por debajo de la superficie del cubo de esponja (pág. 27).

2.1.5 Localización e instalación de una huerta hidropónica.

Los huertos hidropónicos pueden ser construidos en espacios reducidos en menos de un metro cuadrado con buena iluminación de luz del día, con un mínimo de seis (6) horas de luz solar, siendo así posible cultivar un sistema NFT en una vivienda urbana cuyo eje longitudinal mayor esté orientado hacia el norte (Marulanda & Izquierdo, 2003).

Las huertas hidropónicas pueden ser ubicadas en distintos lugares, por ejemplo: paredes, ventanas, techos, terrazas, etc. En este contexto, varios países de América Latina y el Caribe han fortalecido el cultivo de legumbres como el perejil, pepinos, acelgas y otros a libre exposición adaptándoles a las condiciones ambientales de cada sector (Marulanda & Izquierdo, 2003).

2.2 Automatización hidropónica

La hidroponía puede ser automatizada y controlada debido a que existen muchos componentes electrónicos que permiten automatizar cada actividad cuando las operaciones son constantemente repetidas, existen muchos componentes electrónicos que permiten automatizar una actividad, este trabajo de investigación se enfocará solo en estos elementos.

Además, Ponsa y Villanova (2005), describen la conceptualización de automatización según La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas como el “conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas”. La automatización tiene la parte operativa y la parte de mando.

La parte de mando suele ser un controlador lógico programable (tecnología programable). En un sistema de fabricación automatizado, el PLC es el corazón del sistema. Debe ser capaz de comunicarse con todos los componentes del sistema automatizado (Pere Ponsa & Ramón Villanova, 2005).

Sobre el proceso la parte operativa es la que actúa directamente. Está conformado por los actuadores como: motores, cilindros, compresores, etc., y los elementos primarios de control cómo: sensores, como fotodiodos, finales de carrera, transmisores, entre otros (Uziel Trujillo, 2020).

2.2.1 Sistemas de control

Torres (2011), el control de un sistema se efectúa mediante un conjunto de componentes, hidráulicos, mecánicos, eléctricos y/o electrónicos que, interconectados, recogen información acerca del funcionamiento, con los datos previos comparan el funcionamiento y, si es necesario,

modifican el proceso para alcanzar el resultado deseado. Por lo tanto, un sistema es un grupo de elementos o dispositivos que interactúan para alcanzar objetivos determinados.

2.2.1.1 Clasificación de sistema de control

Ogata (2010), clasifica en dos tipos: sistema de control de lazo abierto y el sistema de control de lazo cerrado.

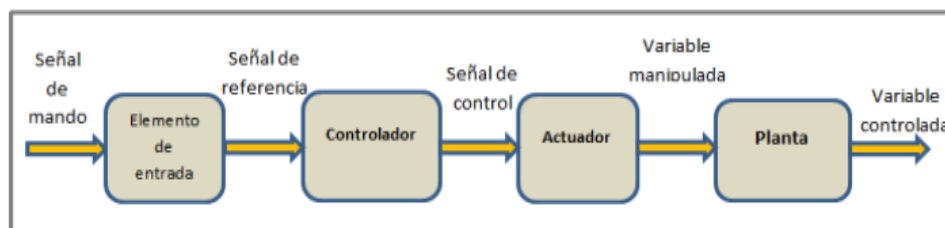
- **El sistema de control de lazo abierto** es un sistema en el que la salida no afecta el procedimiento de control. Es decir, un sistema de control que no se mide la salida ni se devuelve o realimenta para compararla con la entrada, el sistema se conoce como sistema de control manual.

Las ventajas del sistema es el diseño, construcción simple y económica.

Las desventajas es que no son fiables ya que cualquier cambio en la producción no se podrá corregir automáticamente. Ver la figura 2

Figura 2

Sistema de control de lazo abierto



Nota. Sistema de control de bucle abierto cuya salida no tiene retroalimentación. Tomado de (Herrera García , 2016).

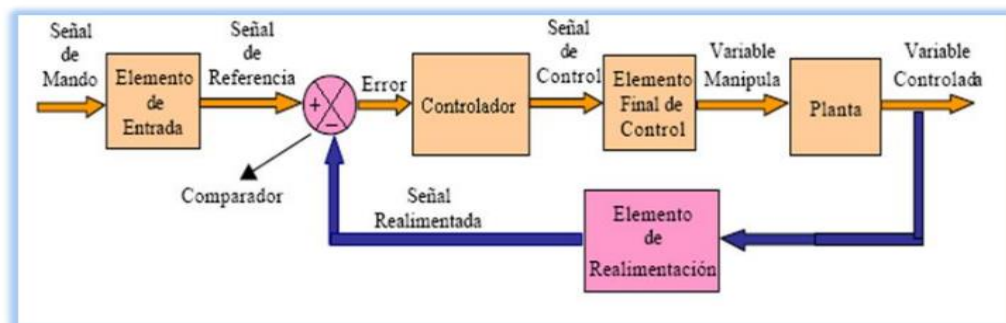
- **El Sistema de control de lazo cerrado** según Uriarte (2011), la salida tiene un efecto en la cantidad de entrada, de modo que la cantidad de entrada se ajusta a la base de la salida generada.

Una de las ventajas es que las mediciones son más exactas incluso en presencia de no linealidad, además que si existe un error es corregido debido a la presencia de la señal de retroalimentación.

Las desventajas es que son más complicados para diseñar y son más costosos. Ver figura 3

Figura 3

Sistema de control de lazo cerrado



Nota. El sistema de control cerrado consiste en la señal de mando, señal de referencia, señal de control, variable manipulada y variable controlada. Tomado de (Herrera García , 2016).

2. 2. 2 Elementos primarios de control

Hernández, Martínez y Salas (2010), son dispositivos que existen de manera individual e independiente del lazo abierto o lazo cerrado; por lo tanto, son aquellos elementos que están en

contacto directo con la materia prima y se encargan de captar la variable a medir y producen cambios en las propiedades físicas que luego pueden transformarse en una señal.

2.2.2.1 Sensor

Según Monk (2018), un sensor es aquel que tiene la característica de ser sensible a la cantidad del medio, la característica cambia con una intensidad específica cuando cambia la magnitud, es decir, indica la existencia de la cantidad y su medida. Un sensor se utiliza para realizar medidas físicas, y todo puede digitalizar de alguna manera y hacer las siguientes operaciones: realizar determinadas tareas, como intensidad de la luz, distancia, temperatura, grado, inclinación, caudal, aceleración, desplazamiento, torsión, fuerza, humedad, pH, etc. Y mostrar datos basados en lecturas de sensores.

2.2.2.2 Transductor

Son dispositivos capaces de transformar la magnitud física en una magnitud eléctrica, para que el usuario pueda recibir la señal (Silge Electrónica, 2021).

2.2.2.3 Transmisor

El transmisor convierte la señal del sensor (milivoltios, movimiento mecánico, presión diferencial, etc.) en una señal de control (por ejemplo 4 a 20 mA). El medio de transmisión es el que capta la señal producida por el elemento primario y la mandan a distancia a un receptor. Es decir, el transmisor es el encargado de modificar la información original de tal manera que pueda ser adecuada para su transmisión (Villajulca, 2009).

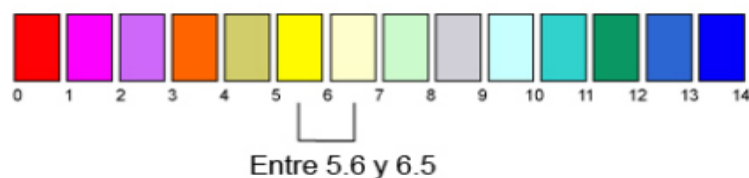
2.2.2.4 Medición de pH

La medición de pH se fundamenta en el registro potenciométrico de la actividad de los iones de hidrógeno por el uso de un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, o un electrodo combinado lo cual indica la intensidad de un ácido. El pH mide un rango de 1 a 14 recomendado en cultivos hidropónicos (Torres, 2011).

En la figura 4 de observa

Figura 4

Escala de PH



Nota. Cuando el pH del agua está entre 5,6 a 6,5 se considera óptimo para la hidroponía. Tomado de (Hidroenviroment, 2015).

La función del pH en hidroponía está relacionada con la solución nutritiva, por lo que el sensor de pH mide el rango de acidez del agua, que va de 1 a 5, y la solución básica es de 8 a 14. El pH indica. Oscila entre 5,6 y 6,5 (Hidroenviroment, 2015).

2.2.2.5 Medición de humedad

La humedad relativa se refiere a la cantidad de humedad presente en el medio ambiente y las plantas que necesitan cierto grado de regulación para poder realizar la fotosíntesis, por lo que es necesario medir y controlar el ambiente del cultivo, (Cama, 2016).

2.2.2.6 Medición de temperatura

La medición de la temperatura en un sistema hidropónico es de gran importancia ya que tiene el mayor impacto en el crecimiento y desarrollo de las plantas, se limita a las temperaturas máximas y mínimas que puede tolerar para lograr su desarrollo (Chafla, 2016).

2.2.2.7 Medición de nivel

La medición de nivel más utilizado para tanques de agua es el sensor ultrasónico. La iniciación de medición del sensor es que emite pulsos de sonido de alta frecuencia a corto plazo periódicamente, el pulso viaja a través del aire a la velocidad del sonido, al detectar un objeto, se refleja y se devuelve como un eco al sensor ultrasónico. Este calcula la distancia del objeto en función de tiempo transcurrido desde la generación de la señal de audio hasta la recepción del eco (Microsonic, 2022).

2.2.2.8 Medición de Luz

La medición de luz en un sistema hidropónico es fundamental para el crecimiento de las plantas, el más utilizado es la fotorresistencia (ldr) ya que cuando no se encuentra expuesto a luminosidad o ausencia de luz disminuye o aumenta su resistencia permitiéndonos saber si encuentra con luminosidad u oscuridad (Herrera , 2009)

2.3 Controlador

Según Jama (2019), el dispositivo que se encarga de gestionar todas las tareas y actividades de los sensores y actuadores como medidas de temperatura, iluminación, humedad, permiten la activación y control de motores, válvulas etc. Es el controlador.

Los microcontroladores y los controladores lógicos programables (PLC) son comúnmente utilizados en la industria de procesos.

2.3.1. Microcontroladores

Monk (2013) define que como una microcomputadora en un chip con 1 o 2 procesadores con kb de memoria de acceso aleatorio, para varios kb memoria de solo lectura programable y borrable conocida como flash que permite almacenar los datos, los programas tienen pines de entrada. Permitiendo que cualquier componente electrónico puede conectarse a un microcontrolador y operarse de forma remota o automática mediante salidas y entradas.

Pérez y Areny (2007), define como un circuito integrado digital que es usado para varios propósitos debido a que es programable. Los Microcontroladores se usan en automatización, equipos de comunicaciones, equipos médicos, telefonía, en instrumentos electrónicos e industriales de todo tipo, etc.

Características (Areny, 2007):

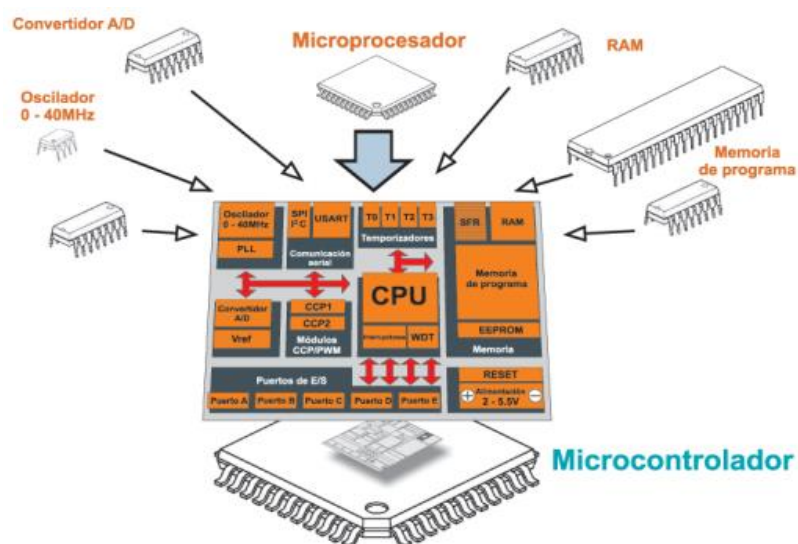
- Los Microcontroladores cuentan con un circuito oscilador, genera una onda cuadrada de alta frecuencia, la configuración de pulsos de reloj se utiliza para sincronizar todas las actividades del sistema.
- En el microcontrolador el elemento más importante es el procesador ya que, es el encargado del direccionamiento de la memoria de instrucciones, también de recibir el código de la instrucción actual y realizar operaciones, así como almacenar y buscar operandos.
- La memoria del microcontrolador que es la que permite realizar las instrucciones y dar datos se encuentra la parte que no es volátil (ROM), está destinado a

contener el programa de ayuda que rige la aplicación. Otra parte de la memoria será del tipo volátil, donde se almacenarán variables y datos (RAM).

- El temporizador se utiliza para controlar los intervalos de tiempo y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores). Ver figura 5.

Figura 5

Microcontrolador



Nota. Elementos que se compone el microcontrolador. Tomado de (Verle, 2014).

2.3.2 Aplicaciones de los microcontroladores

A los microcontroladores se pueden integrar de forma inteligente casi cualquier dispositivo. Se les puede configurar para adaptarse a cualquier entorno para que sea más eficiente y responda a las necesidades del usuario (Becerra & Lara, 2017).

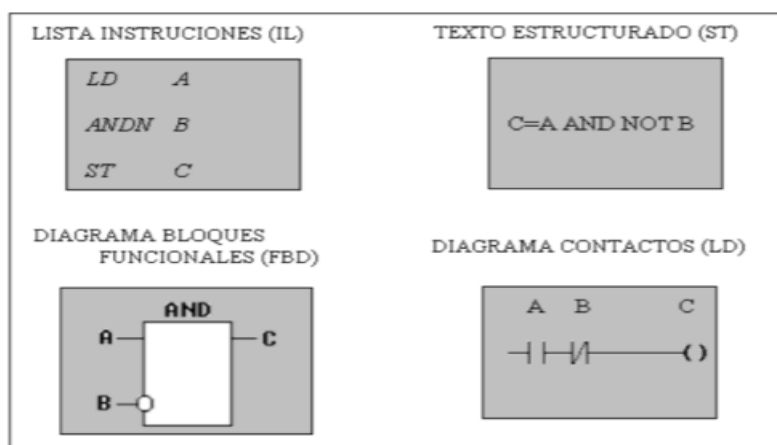
2.3.3 Lenguajes de Programación

Según Marco (2009), la norma IEC 61131-3, define cuatro lenguajes de programación más SFC diferentes según la sintaxis de declaración de variables, tipos de funciones estructuradas, secciones de bloques de funciones, etc. Los lenguajes se dividen en dos categorías: lenguajes gráficos y lenguajes literales. Ver figura 6

- Lenguajes gráficos
 - Diagrama de Contactos (Ladder Diagram, LD)
 - Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC).
 - Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram, FBD)
- Lenguajes literales
 - Texto estructurado (Structured Text, ST)
 - Lista de instrucciones (Instruction List, IL)

Figura 6

Lenguaje de programación



Nota. Los diferentes tipos de lenguajes de programación. Tomado de (Marco, 2009).

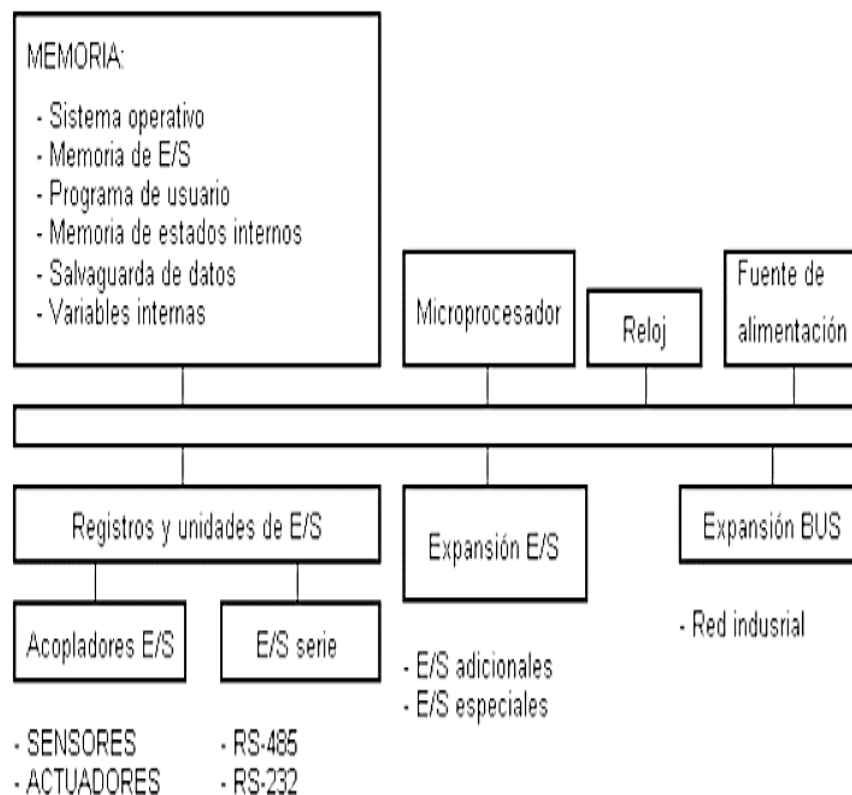
2.3.4 Autómatas programables

Conocido como controlador lógico programable (PLC)

Es un dispositivo electrónico digital con una memoria programable para almacenar comandos, lo que le permite realizar funciones específicas de conexión de máquinas y procesos (Aguinaga Barragan , 2008). Ver figura 7

Figura 7

Partes de un autómata programable PLC



Nota. Las partes de un autómata programable. Tomado de (Aguilera Matinez, 2002).

2.3.5. Comparación entre un microcontrolador y un autómata programable

Ya habiendo conocido los conceptos de ambos dispositivos, se presenta el siguiente cuadro comparativo:

Tabla 1

Comparación del Microcontrolador y el PLC

	Ventajas	Desventajas
Microcontrolador	Son de bajo costo	Es necesario un mayor conocimiento en programación
	Se adaptan en aplicaciones de manera eficiente y rápida.	
	Existen varios tipos de softwares para realizar la programación.	
	Reduce el espacio ya que es un solo circuito integrado.	
	Hay una gran variedad de microcontroladores en el mercado.	
PLC	El control es más preciso	De mayor costo
	Tiene mayor rapidez de respuesta.	Mano de obra especializada
	Flexibilidad en control de procesos	Necesita condiciones ambientales apropiadas
	Complejos	
	Mejor monitoreo del funcionamiento	
	Detección rápida de averías y tiempos muertos.	

Nota. Comparación entre un microcontrolador y un autómata programable. Tomado de (Alulema Taípe, 2021).

2.4 Elementos finales de control

Según Ruiz (2004), son los dispositivos encargados de transformar una señal de control (variable manipulada) en un flujo de masa o energía. Esta variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.

Lo más común en el control de procesos es que se manipule el caudal. En este sentido, para ajustar el flujo en una línea existen dos mecanismos:

- a) Modificar la energía entregada al fluido. Esto se logra con ventiladores y bombas de velocidad variable.
- b) Modificar la *resistencia* al paso del fluido. Esto se consigue con válvulas, registros en ductos de gases.

2.4.1 Tipos de actuadores

Ruiz (2004), Hay varios tipos de actuadores involucrados en diferentes aplicaciones. En función de la tecnología empleada para la implementación del sistema de control, se tienen los siguientes:

- **Actuadores eléctricos.** Para su funcionamiento requieren de una fuente de alimentación externa (batería). Generalmente estos actuadores son fáciles de usar, limpios y están listos para usar.
- **Actuadores térmicos.** Para su funcionamiento requieren de una fuente de energía térmica o campos magnéticos para crear movimiento.
- **Actuadores hidráulicos.** Para su funcionamiento usan fluidos, como el aceite, para crear movimientos que requieren más fuerza para manejar carga pesada.

- **Actuadores neumáticos.** La fuente de energía con la que funcionan es el aire comprimido, lo que los hace sensibles al iniciar y detener las operaciones.
- **Actuadores mecánicos.** Funcionan transformando un tipo de movimiento (rotacional o lineal).

Los actuadores más utilizados son:

2.4.2 Electroválvulas

Ruiz (2004), es un dispositivo que, cuando se activa mediante un sistema de control, permite o bloquea el flujo de fluido en un circuito hidráulico. Hay dos tipos de electroválvulas: electroválvulas motorizadas y solenoide, cada una con un uso específico según el tiempo de respuesta requerido y el caudal a aplicar.

2.4.3 Bomba

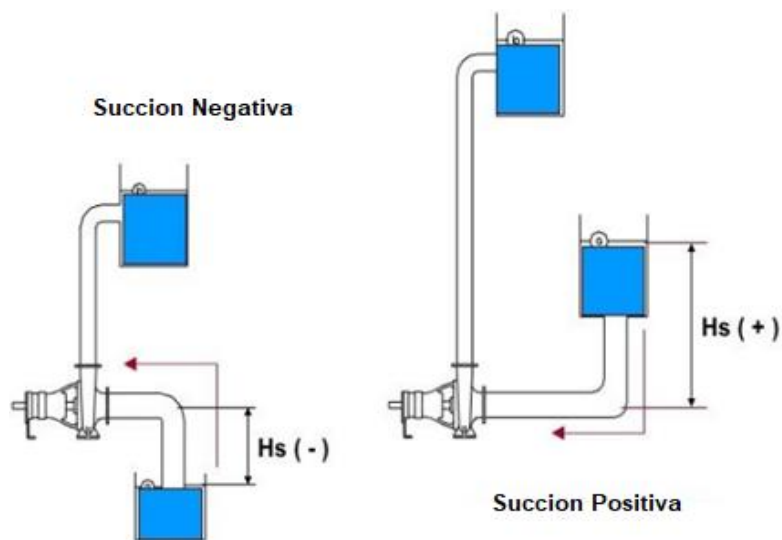
Jiménez (2011), es una máquina para fluido de intercambio de energía mecánica en hidráulica, el trabajo de la bomba es transferir potencia a fluidos permitiendo mover el sistema.

Las bombas se clasifican según dirección de transmisión, claridad de líquido o principio. Las más frecuentemente usadas en el abastecimiento de agua son las bombas centrífugas, horizontales y verticales, y las bombas sumergibles.

Si la posición del eje está sobre la superficie del agua, la succión es positiva y en la situación inversa la succión es negativa. Ver figura 8

Figura 8

Succión de una bomba

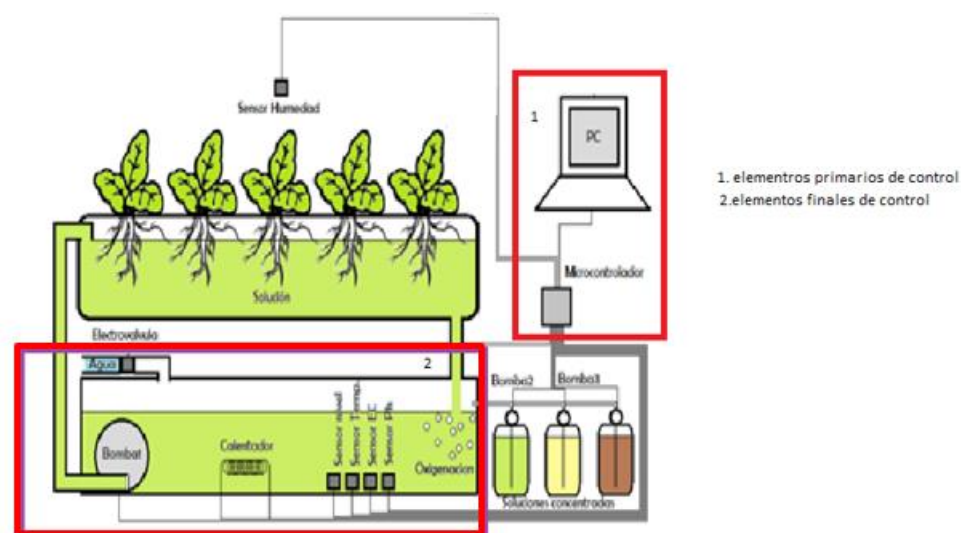


Nota. Se coloca el (+/-) si es positiva o negativa. Tomado de (<https://www.fesmex.com>).

2.5 Sistema de control hidropónico

García (2016), un sistema de control hidropónico por lo general está compuesto de bomba de impulsión tuberías de distribución, canales de cultivo, un tanque donde se almacena la sustancia nutritiva para las raíces de las plantas; un dispositivo para controlar el pH de la sustancia nutritiva y temperatura manipulando el caudal y todos estos datos se podrán observar en la pantalla HMI. Ver figura 9.

Figura 9

Control hidropónico

Nota. Diagrama del sistema de control hidropónico. Tomado de (Jorge Luis Herrera García, 2016).

2.5.1 Redes de Comunicación

Según Postel (2009), es un conjunto de medios técnicos que permiten la comunicación a distancia entre equipos autónomos. Normalmente se trata de transmitir datos, audio y vídeo por ondas electromagnéticas a través de diversos medios (aire, vacío, cable de cobre, fibra óptica, etc.).

La información se puede transmitir de forma analógica, digital o mixta, pero en cualquier caso las conversiones, si las hay, siempre se realizan de forma transparente al usuario, el cual maneja la información de forma analógica exclusivamente.

Clases:

- Por su extensión: Redes de área personal (PAN), local (LAN), extensa (WAN)
- Por su topología: Estrella, bus, anillo, malla, mixta...
- Por su conexión física: en redes punto a punto (unicast) y redes multipunto o de difusión.
- Por su técnica de transmisión de datos: líneas dedicadas, circuito conmutado o paquetes conmutados.
- Por su uso: en redes privadas o corporativas y redes públicas

2.5.2 Interfaces de comunicación

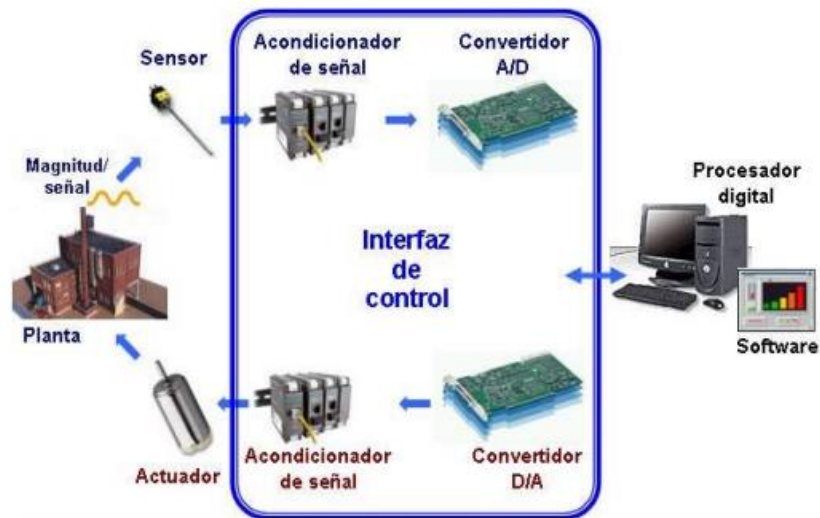
Según Alonso (2004), una interfaz de comunicación está basada en dispositivos que transmiten señales proporcionadas por sensores en información que puede ser procesada por una unidad de control y convierte los comandos enviados a los actuadores en comandos ejecutables.

Estas interfaces proporcionan las siguientes funciones:

- Entradas y salidas análogas
- Entradas y salidas digitales
- Temporización y contadores

Las interfaces de comunicación se basan en proveer elementos que necesitan los controladores para poder lograr comunicación con el usuario y las variables a controlar. Ver figura 10.

Figura 10

Interfaz de control

Nota. La señal provista por los sensores es información que puede procesar el controlador. Tomado de (Gonzales, 2014).

Capítulo III

3. Implementación

En este capítulo se va a detallar la selección de los elementos y la programación que se realizó en el microcontrolador para implementar el sistema hidropónico.

3.1 Operación del proceso

La hidroponía es un método común para cultivar plantas de una manera limpia y sencilla donde el acceso al suelo no es posible, lo que da como resultados vegetales libres de contaminación y de rápido crecimiento.

En este contexto, el sistema hidropónico se basará en el sistema NFT (técnica de película de nutrientes) con base en el uso de un canal con pendiente adecuada, un caudal correcto, y una longitud correcta del canal en el cual las raíces de las plantas están expuestas a un suministro adecuado de agua, oxígeno y nutrientes.

El proyecto consistirá de cuatro grupos principales, que se describen a continuación

3.1.1. Estructura física

La estructura física del contenedor hidropónico deberá construirse con tubos metálicos, hojas de triples y llantas para facilitar la movilización de un lugar a otro. Debe tener una dimensión de 2m de alto por 1m de ancho y 80 cm de profundidad. Además, debe colocarse cajas térmicas, tuberías PVC de 3", accesorios PVC de 1", 1/2", contenedores, así como mangueras y un reservorio.

3.1.2 Microcontrolador

Las señales de los sensores de temperatura, humedad, pH e iluminación deben ser conectadas a los puertos de entrada del microcontrolador. Los relés, etapa de potencia, deben ser conectados al puerto de salida del microcontrolador para activar las electrobombas.

- a) Si la temperatura es mayor de 20 °C , se deberá encender el ventilador. Si la temperatura es menor de 15°C el ventilador debe apagarse.
- b) Si el sensor de pH está en el rango de 5.5 a 6.5 se considerará como funcionamiento normal. Si el pH es mayor que 6.5 se activará la electrobomba para que ingrese ácido acético (vinagre) al reservorio para disminuir el nivel de pH del agua y si el pH es menor a 5.5 se activará la electrobomba para que ingrese la base (bicarbonato de sodio) al reservorio para subir el nivel de pH del agua.
- c) Si no existe luz del día se encenderá la luz led (UV). Si existe luz del día se deberá apagarse la luz.
- d) Deberá existir un reloj el mismo que conectado al microcontrolador permita programar el encendido automático de la electrobomba para enviar los nutrientes cada 4 horas a las plantas.
- e) El sistema debe monitorear el nivel en el tanque reservorio.

3. 1. 3 Monitoreo

El monitoreo del sistema debe incluir un display donde se muestren los rangos de las variables medidas.

3.1.3.1 Elementos de maniobra.

El tablero de control deberá incluir pulsadores para encender y apagar el sistema hidropónico.

3. 2 Selección hardware

En esta sección, se detalla los dispositivos que se utilizarán para la implementación de este proyecto.

3.2.1 Microcontrolador

Para el control del sistema se necesitan 5 entradas analógicas, 3 entradas digitales, 22 salidas digitales. Además, debe permitir la conexión del reloj (RTC) por tanto, el microcontrolador Arduino Mega cumple las condiciones y fue seleccionado. En la tabla 2, se muestra las características del Arduino Mega.

Tabla 2

Elementos de la tarjeta Arduino Mega

Microcontrolador Atmega 1280	
Voltaje de alimentación	5V
Pines digitales de E/S	54
Entradas analógicas	16
Memoria de programa (Flash)	256Kb
Memoria auxiliar	4 Kb
Memoria de datos (SRAM)	8 Kb.
Velocidad de reloj.	16 MHz

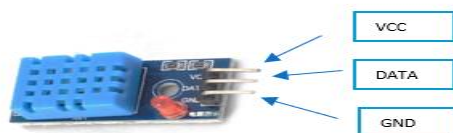
Nota. Elementos de la tarjeta Arduino Mega Tomado de (Conde, 2017).

3.2.2 Sensor de temperatura y humedad

Se debe medir la temperatura en un rango de 10°C a 20°C, por tanto, se seleccionó el sensor DHT11. Ver figura 11

Figura 11

Modulo del sensor de humedad y temperatura DTH11



En la tabla 3, a continuación, se muestra las características técnicas del módulo DTH11.

Tabla 3

Especificaciones técnicas DHT11

Parámetros	
Voltaje de alimentación	3V-5V
Rango de medición de temperatura	0°C-50°C
Rango de medición de humedad	20%-90 %

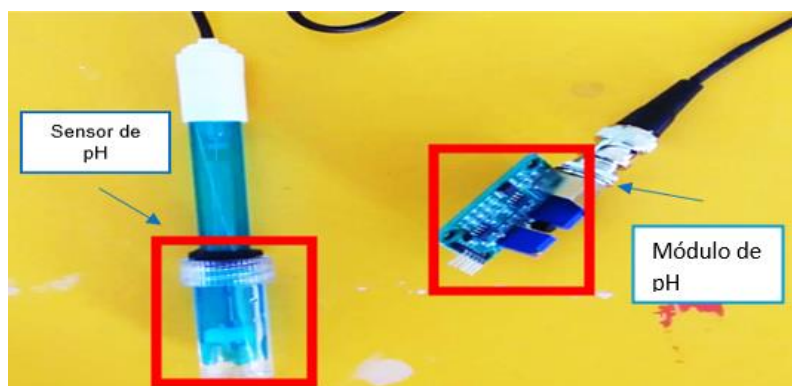
Nota. Características del sensor DHT11. Tomado de (Laverde, 2016).

3.2.3 Sensor de pH

Se debe mantener el pH del agua en el rango de 5.5 a 6.5, por tanto, se seleccionó el sensor de pH modelo SEN0161 ya que tiene un rango de medición de 0-14 p, así cumple las condiciones indicadas. Ver figura 12.

Figura 12

Módulo de pH y sensor de pH



En la tabla 4, a continuación, se muestra las características técnicas del sensor de pH.

Tabla 4

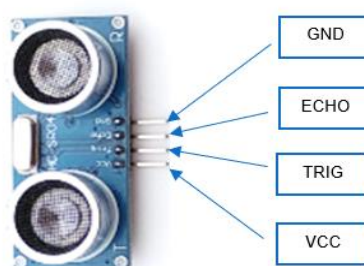
Especificaciones técnicas sensor pH

Características del sensor de pH	
Voltaje de alimentación	5.00 V
Tamaño	43mm x 32mm
Rango de medición	0-14 pH
Precisión	± 0.1 pH

Nota. Características del sensor de pH. Tomado de (Herrera García , 2016).

3.2.4. Sensor de nivel ultrasónico

El rango de medición del nivel de agua en el reservorio es de 5 cm a 45 cm, por tanto, el sensor ultrasónico cumple esta característica en el HC-SR04. Ver figura 13

Figura 13*Sensor Ultrasónico*

En la tabla 5, a continuación, se muestra las características técnicas del sensor de nivel ultrasónico.

Tabla 5*Características técnicas sensor ultrasónico HC-SR04*

Características del sensor del ultrasónico HC-SR04	
Voltaje de alimentación	5V DC
Rango de medición:	2cm a 450cm
Duración mínima del pulso de disparo TRIG (nivel TTL):	10 μ S
Duración del pulso ECO de salida (nivel TTL):	100-25000 μ S

Nota. Características del sensor de ultrasónico HC-SR04. Tomado de (Naylamp, 2022).

3.2.5 Sensor de temperatura

Se necesita medir la temperatura en líquido en un rango de 10°C hasta 30°C por tanto se seleccionó el sensor DS18B20. Ver figura 14

Figura 14

Sensor de temperatura



En la tabla 6, se muestra las características técnicas del sensor de temperatura.

Tabla 6

Características técnicas sensor DS18B20

Característica del sensor DS18B20	
Voltaje de alimentación	3V-5V
Rango de temperatura	-55 °C / 125 °C
Resolución Programable	9-bit, 10-bit

Nota. Resumen de Características técnicas del sensor DS18B20. Tomado de (Ingaruca, Freddy, 2019).

3.2.6. Sensor de luz del día

Se debe garantizar la iluminación en todo momento para el crecimiento de las plantas, por tanto, se seleccionó el sensor de luz de día para determinar si se encuentra en el día o en la noche, ver figura 15.

Figura 15

Sensor de luz del día



En la tabla 7, a continuación, se muestra las características técnicas del sensor de Luz del día.

Tabla 7

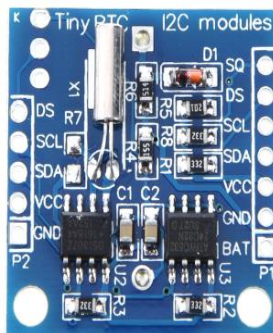
Características del sensor de iluminación

Característica del sensor de luz del día (LDR)	
Voltaje de funcionamiento	3.3V a 5V
Resistencia	10Kohm
Valor gamma en 100-10Lux	0.8

Nota. Resumen de Características técnicas del sensor de iluminación. Tomado de (Carrod, 2022)

3.2.7. Reloj (RTC)

Se necesita un reloj para programar que de forma automática se active la electrobomba para enviar los nutrientes cada 4 horas a las plantas, por tanto, se seleccionó el reloj DS1307. ver figura 16.

Figura 16*Reloj RTC DS1307*

En la tabla 8, a continuación, se muestra las características técnicas del reloj RTC DS1307.

Tabla 8

Características del reloj RTC DS1307.

Características del reloj RTC DS1307.	
Voltaje de alimentación	5V DC
Voltaje de batería	2.2v- 3.5v
interfaz serial I2 C.	SDA-SCL

Nota. Resumen de Características técnicas del sensor de iluminación. Tomado de (García, 2009).

3.3 Etapa de potencia

La elección de esta etapa de potencia se debe a que las salidas del microcontrolador están en el orden de los miliamperios mientras que los actuadores funcionan con corrientes en el orden de los Amperios, por tanto, para evitar que el microcontrolador se queme durante su operación se seleccionó el módulo relés de 8 canales, ver figura 17.

Figura 17

Modulo relé de 8 canales



En la tabla 9, a continuación, se muestra las características técnicas del módulo de relés de 8 canales.

Tabla 9

Especificaciones técnicas modulo relé

Parámetros	
Voltaje de operación	5VDC
Señales de control	3.3V 0 5 VDC
Capacidad	10A/250 V AC, 10A/30V
Número relés (canales)	8

Nota. Especificaciones de la operación del módulo relé. Tomado de (Anthony, 2018).

3.3.1 Actuadores

3.3.1.1 Ventilador

De acuerdo al diseño del sistema hidropónico el crecimiento de las plantas está recomendada mantener la temperatura entre 10 °C y 20 °C por esta razón se aplicó un sistema

de ventilación que se activa cuando el dato de temperatura supere los 20 °C y se desactiva cuando se encuentre en el rango adecuado. Ver figura 18.

Figura 18

Ventilador



En la tabla 10, a continuación, se muestra las características técnicas del ventilador.

Tabla 10

Especificaciones técnicas del ventilador

Parámetros	
Voltaje de operación	12V
Velocidad	400 - 1500 RPM.
Flujo de aire	Flujo de aire 47.39 CFM.

Nota. Resumen de especificaciones de la operación del ventilador de 12v. Tomado de (Bricogeek, 2022).

3.3.1.2 Luz de crecimiento

Es necesario que las plantas reciban luz para su desarrollo, por tanto, se seleccionó las tiras de luz led ultravioleta (uv) para desarrollo de las plantas. Ver figura 19.

Figura 19*Tira de luz led ultravioleta*

En la tabla 11, a continuación, se muestra las características técnicas de las tiras de luz led ultravioleta.

Tabla 11*Especificaciones técnicas de la tira luz led*

Parámetros	
Voltaje de operación	12V
Longitud	5m
Protección IP	65
Color de Luz	Ultravioleta

Nota. Resumen de especificaciones de la operación del ventilador de 12v. Tomado de (Ledbox, 2022).

3.3.1.3 Electrobomba

Es necesario ingresar las soluciones nutritivas, una base y un ácido al tanque reservorio del sistema hidropónico, por lo tanto, se seleccionó las electrobombas que permiten realizar estas acciones. Ver figura 20.

Figura 20*Electrobomba*

En la tabla 12, a continuación, se muestra las características técnicas de la electrobomba.

Tabla 12*Especificaciones técnicas de Electrobomba*

Parámetros	
Voltaje de operación	12 V
Corriente	0.36 A
Velocidad	12500 RPM
Flujo	2.5 L/Min

Nota. Resumen de especificaciones de la operación de electrobombas. Tomado de (Conde, 2017).

3.3.1.4 Bomba

La circulación del agua en los sistemas hidropónicos es fundamental, por tanto, se seleccionó la bomba ½ HP que permite realizar esta acción. Ver figura 21

Figura 21

Datos de placa de la bomba de agua



En la tabla 13, a continuación, se muestra las características técnicas de la bomba ½ HP.

Tabla 13

Especificaciones técnicas de la bomba

Parámetros	
Modelo	QB60
Voltaje	110v-220v
Potencia	½ hp
Grado de protección	IP44
Altura de aspiración	8m
Corriente Nominal	kW: 0.37

Nota. Resumen de especificaciones de la operación de electrobombas. Tomado de (PUMP HAPPY, 2020).

3.4 Pantalla LCD i2c (Liquid Crystal Display)

La plantilla LCD i2c de 16x2cm, se utilizará para mostrar los datos que receiptan los sensores de pH, nivel del tanque, temperatura del agua, temperatura y humedad del ambiente del sistema hidropónico. Ver figura 22.

Figura 22

Figura 1 Pantalla LCD

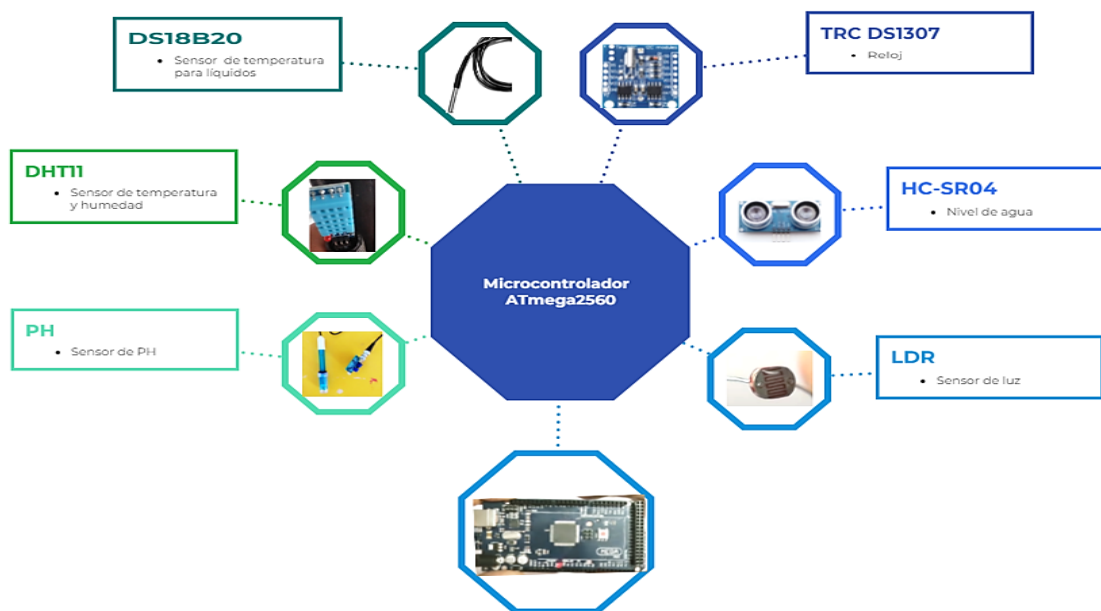


Nota. Pantalla LCD.

El bosquejo de los elementos que se utilizaron en el sistema se muestra en la figura 23.

Figura 23

Componentes del proyecto



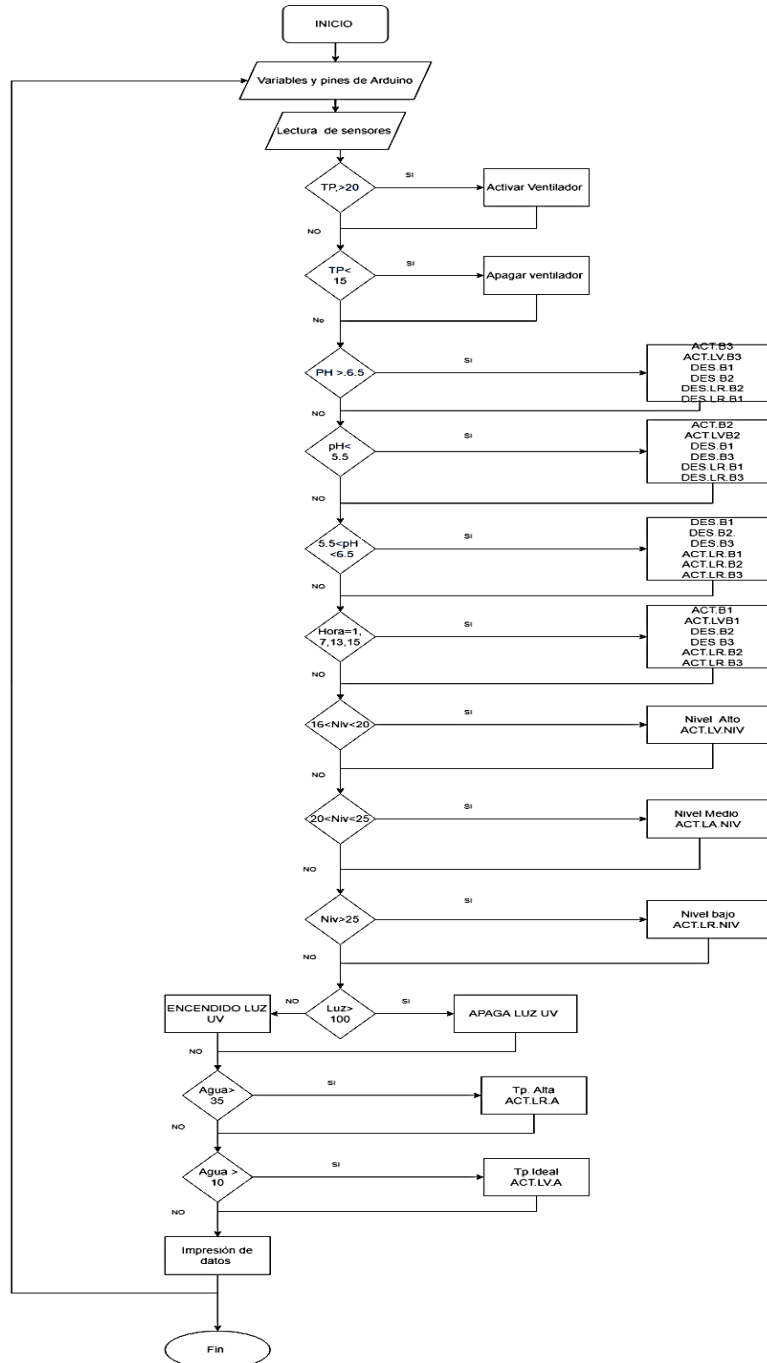
Nota. Bosquejo de componentes del proyecto.

3.5 Programación del microcontrolador

La programación se realizó en el entorno de Arduino IDE debido a que incorpora todas las herramientas necesarias para la programación de la tarjeta Arduino Mega. El programa contiene las instrucciones necesarias para el control del sistema, que se indican a continuación:

Figura 24

Diagrama de flujo del sistema de control hidropónico



Nota. En el diagrama de flujo se utiliza las siguientes abreviaciones TP=temperatura, ACT = activar; DES= desactivar; B1=electrobomba (Soluciones Nutritivas); B2=electrobomba (bicarbonato de sodio); B3=electrobomba (ácido acético); LV=Led Verde; LA=Led Amarillo; LR=Led Rojo; UV= Ultravioleta; Niv=Nivel; A= Agua.

En la tabla 14, se muestra los pines que se conectarán en el microcontrolador.

Tabla 14

Componentes y conexiones con el microcontrolador

Conexiones	
Pines de Dispositivos de entrada/salida	Pines del microcontrolador
Pantalla LCD	
SCL	D20
Sda	D21
Sensor de temperatura y humedad	
Pin data del sensor	D8
Sensor de PH	
Po	A0
Sensor ultrasónico	
Trig	D10
Echo	D9
Sensor de temperatura para líquidos	
Pin data del sensor	A2
Sensor de luz del día	
Pin data del sensor	A1
Reloj	
Pin Sda del reloj	D21
Scl	D20
Modulo relé 8 canales	
Relé 1	D7
Relé 2	D6
Relé 3	D5
Relé 4	D4
Relé 5	D3
Indicadores led	
Led Verde 100% reservorio	D30
Led Amarillo 50% reservorio	D19
Led Rojo 0% reservorio	D12
Led Verde (on) electrobomba (B1)	D28
Led Rojo (off) B1	D23
Led Verde (on) B2	D26
Led Rojo (off) B2	D25
Led Verde (on) B3	D24
Led rojo (off) B3	D22
Led verde (on) Ventilador	D18
Led rojo (off) Ventilador	D25
Led verde (on) Luz Ultravioleta	D17
Led rojo (off) Luz Ultravioleta	D14
Led verde (on) Temperatura adecuada	D16
Led rojo (off) Temperatura inadecuada	D15

Nota. Componentes y sus conexiones con el microcontrolador.

3.5.1 Programación en Arduino

Desde las librerías para el funcionamiento hasta la observación de los datos en la LCD i2c.

En la figura 25, se muestran las librerías para el funcionamiento de sensores en el programa.

Figura 25

Librerías utilizadas para el funcionamiento de sensores

```

1 //CODIGO DEL SISTEMA HIDROPONICO
2 //ELABORADO POR: JUAN DAVID MORENO DE LA CRUZ
3 //
4 //////////////////////////////////////////////////LIBRERIAS PARA FUNCIONAMIENTO DE SENSORES
5 #include <Wire.h>           //Libreria para comunicacion SPI
6 #include "RTClib.h"        //Libreria para el Modulo RTC
7 #include <LiquidCrystal_I2C.h> //Linberia para el modulo LCD I2C
8 #include <NewPing.h>       //Libreria para el Sensor Ultrasonico
9 #include <DHT.h>           //Libreria para el Sensor DHT11
10

```

Nota. Librerías usadas en el funcionamiento del programa.

En la figura 26, se muestra las variables y pines de configuración de los sensores, actuadores e indicadores led.

Figura 26

Variables y pines de los sensores, actuadores y indicadores led.

```

.....
12 #define TRIG 10 // Conexion del pin TRIG del ultrasonico al Pin Digital del Arduino
13 #define ECHO 9 // Conexion del pin ECHO del ultrasonico al Pin Digital del Arduino
14 #define MAX_D 200 // Maxima disctancia a usar del sensor. Sensor pued medir hasta 400 cm
15 #define DH 8 // Conexion del pin DATA del DHT11 al Pin Digital del Arduino
16 #define DTT DHT11 // Definicion del tipo de sensor
17 #define LM2 A2 // Conexion del pin DATA del LM35 al Pin Analogico del Arduino
18 #define B1 7 // Bomba para Solucion Nutritiva
19 #define B2 6 // Bomba para Base
20 #define B3 5 // Bomba para Acidos
21 #define V1 4 // Ventilador

```

Nota. Líneas de programación correspondientes a las variables y pines de configuración de los sensores, actuadores e indicadores led.

En la figura 27, se muestra la configuración de los parámetros y variables asignadas para las lecturas de los sensores.

Figura 27

Configuración de los parámetros y variables de los sensores.

```

42 DHT dht(DH, DTT); // Inicializar DHT11
43
44 NewPing SU(TRIG, ECHO, MAX_D); // Configuración sensor ultrasonico
45
46
47 int MSU = 0; // Medida del sensor ultrasonico
48 int TMSU = 0; // Porcentaje de la medida del sensor ultrasonico
49 int MDH = 0; // Almacenar la medida del sensor DHT11
50
51 int HP = 0; // Medida de la Humedad Interna
52 int TP = 0; // Medida de la Temperatura Interna
53
54 int VLM = 0; // Medida de la Temperatura del Agua

```

Nota. Líneas de programación para configurar de los parámetros y variables asignadas para las lecturas de los sensores.

- En la figura 28, se muestra la configuración de los parámetros del LCD i2c y la RTC.

Figura 28

Configuración de los parámetros de LCD i2c y la RTC

```

64 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //Crear el objeto lcd
65 DS1307 RTC; // Configuración del RTC
66

```

Nota. Líneas de programación para la configuración de los parámetros del LCD i2c y la RTC.

En la figura 29, se muestra la configuración pines del Arduino como entradas o salidas.

Figura 29

Configuración del modo de uso de los pines

```

88 void setup()
89 {
90   Serial.begin(9600); //Activacion del Monitor Serial
91
92   dht.begin(); // Inicializar DHT
93   lcd.init(); // Inicializar LCD
94   lcd.backlight(); //Encender la luz de fondo.
95
96   ////////// MODO DE USO DE LOS PINES COMO ENTRADAS O SALIDA
97
98   pinMode (B1, OUTPUT); //SALIDA BOMBA 1
99   pinMode (B2, OUTPUT); //SALIDA BOMBA 2
100  pinMode (B3, OUTPUT); //SALIDA BOMBA 3
101
102  pinMode (V1, OUTPUT); //SALIDA VENTILADOR
103  pinMode (UV, OUTPUT); //SALIDA LUCES UV
104
105  pinMode (LVU, OUTPUT); //SALIDA LED VERDE NIVEL AGUA
106  pinMode (LAU, OUTPUT); //SALIDA LED AMARILLO NIVEL AGUA
107  pinMode (LRU, OUTPUT); //SALIDA LED ROJO NIVEL AGUA
108

```

Nota. Líneas de programación para la configuración del modo de uso de los pines del Arduino.

En la figura 30, se muestra la configuración para determinar el tiempo actual.

Figura 30

Configuración para determinar el tiempo actual.

```

RTC.begin(); // Inicia RTC
RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); // Establece la fecha y hora

```

Nota. Líneas de programación para la configuración para determinar el tiempo actual.

En la figura 31, se muestra la programación para encender o apagar los actuadores según el valor de los sensores. Se usa la sentencia if para ir comparando.

Figura 31

Control de las variables

```

247 if (TP >= 20) //Pregunto si la temperatura es mayor a 20 para encender el Ventilador
248 {
249     digitalWrite (V1, LOW); //Activa el ventilador
250     digitalWrite (LVV, HIGH); //Activa el Led Verde indicador del Ventilador
251     digitalWrite (LRV, LOW); //Desactiva el Led Rojo indicador del Ventilador
252 }
253
254 if (TP < 15 ) //Pregunto si la temperatura es menor a 15 para apagar el Ventilador
255 {
256     digitalWrite (V1, HIGH); //Desactiva el ventilador
257     digitalWrite (LVV, LOW); //Desactiva el Led Verde indicador del Ventilador
258     digitalWrite (LRV, HIGH); //Activa el Led Rojo indicador del Ventilador
259 }

```

Nota. Líneas de programación para control de la temperatura.

En la figura 32, se muestra la impresión de datos en la LCD de las variables como humedad, temperatura, nivel y pH actual.

Figura 32

Configuración para determinar el tiempo actual.

```

370 lcd.setCursor(0, 0); //Ubicacion de Fila y Columna
371 lcd.print("Hum:"); //Impresion del Texto
372 lcd.setCursor(4, 0); //Ubicacion de Fila y Columna
373 lcd.print(HP); //Impresion del dato de Humedad
374 lcd.setCursor(8, 0); //Ubicacion de Fila y Columna
375 lcd.print("Tem:"); //Impresion del Texto
376 lcd.setCursor(12, 0); //Ubicacion de Fila y Columna
377 lcd.print(TP); //Impresion del dato de Temperatura
378
379
380 lcd.setCursor(0, 1); //Ubicacion de Fila y Columna
381 lcd.print("Niv:"); //Impresion del Texto
382 lcd.setCursor(4, 1); //Ubicacion de Fila y Columna
383 lcd.print(MSU); //Impresion del dato de Distancia
384 lcd.setCursor(8, 1); //Ubicacion de Fila y Columna
385 lcd.print("pH:"); //Impresion del Texto
386 lcd.setCursor(11, 1); //Ubicacion de Fila y Columna
387 lcd.print(ph_act); //Impresion del dato del pH
388 delay(2000);
389 lcd.clear();

```

Nota. Líneas de programación para visualizar los datos de las variables.

3.6 Conexiones físicas de los dispositivos

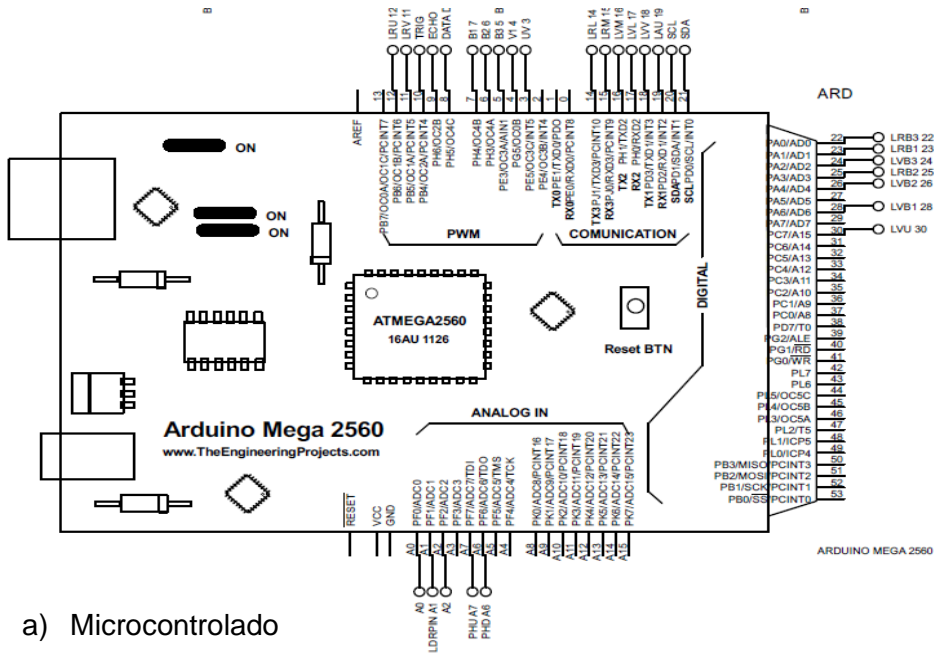
Antes de implementar el sistema, se realizó la simulación en un software.

3.6.1 Diagrama de conexión

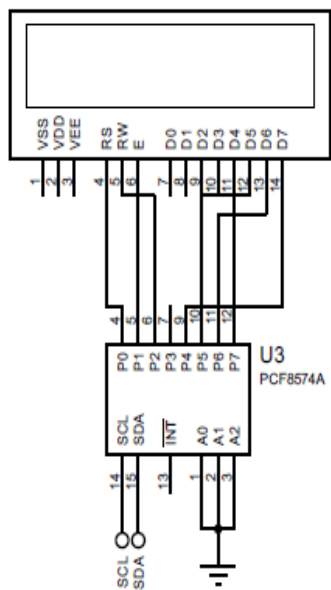
En la figura 33, se muestra los pines de conexión del microcontrolador.

Figura 33

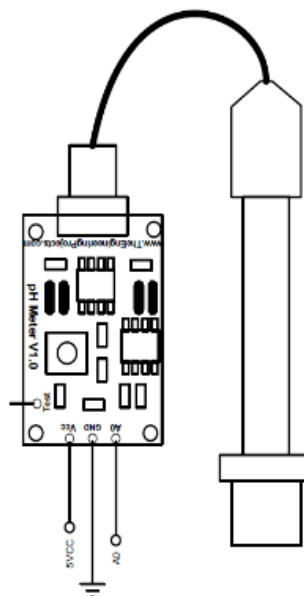
Diagrama de conexión del sistema hidropónico



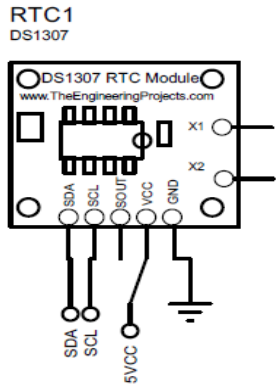
a) Microcontrolado



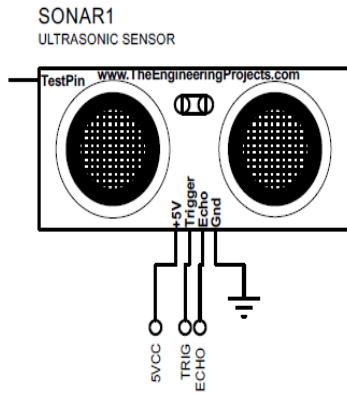
b) LCD i2c



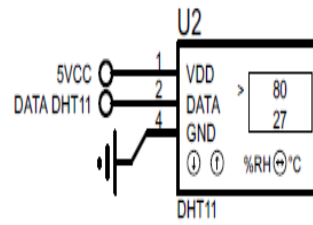
c) Sensor de pH



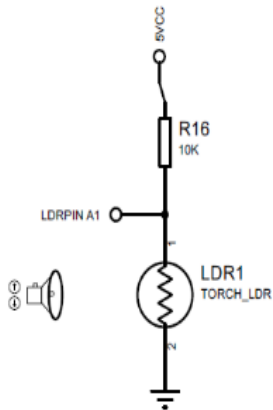
d) Reloj (RTC)



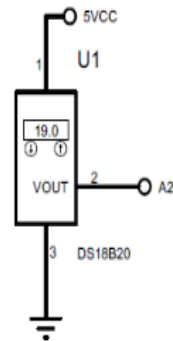
h) Sensor ultrasónico



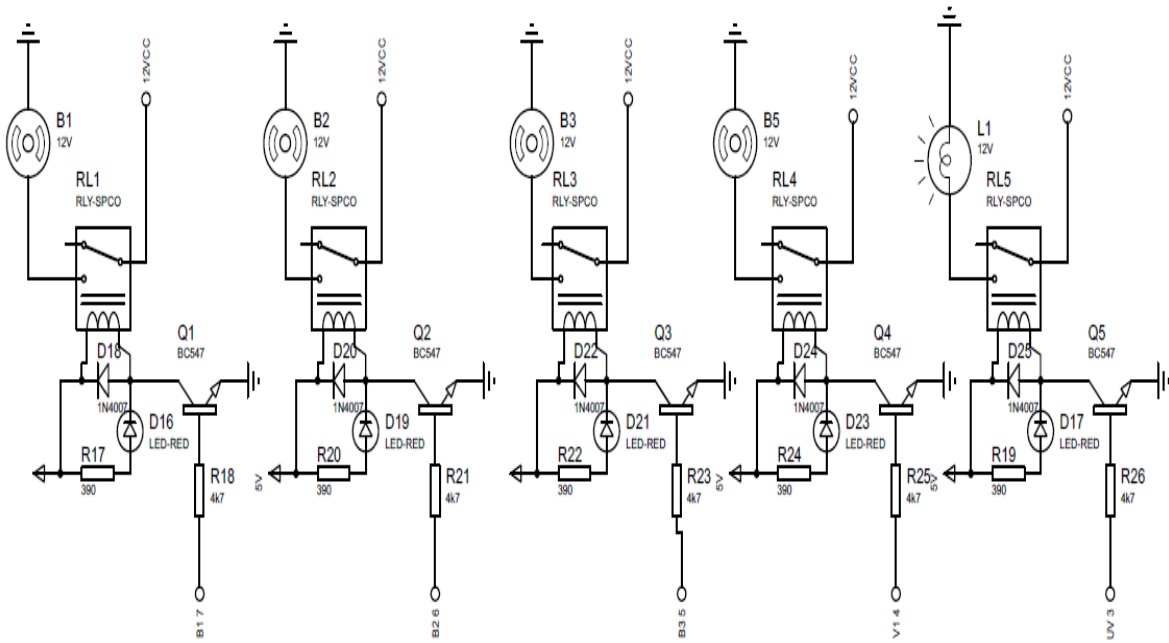
g) Sensor DHT11



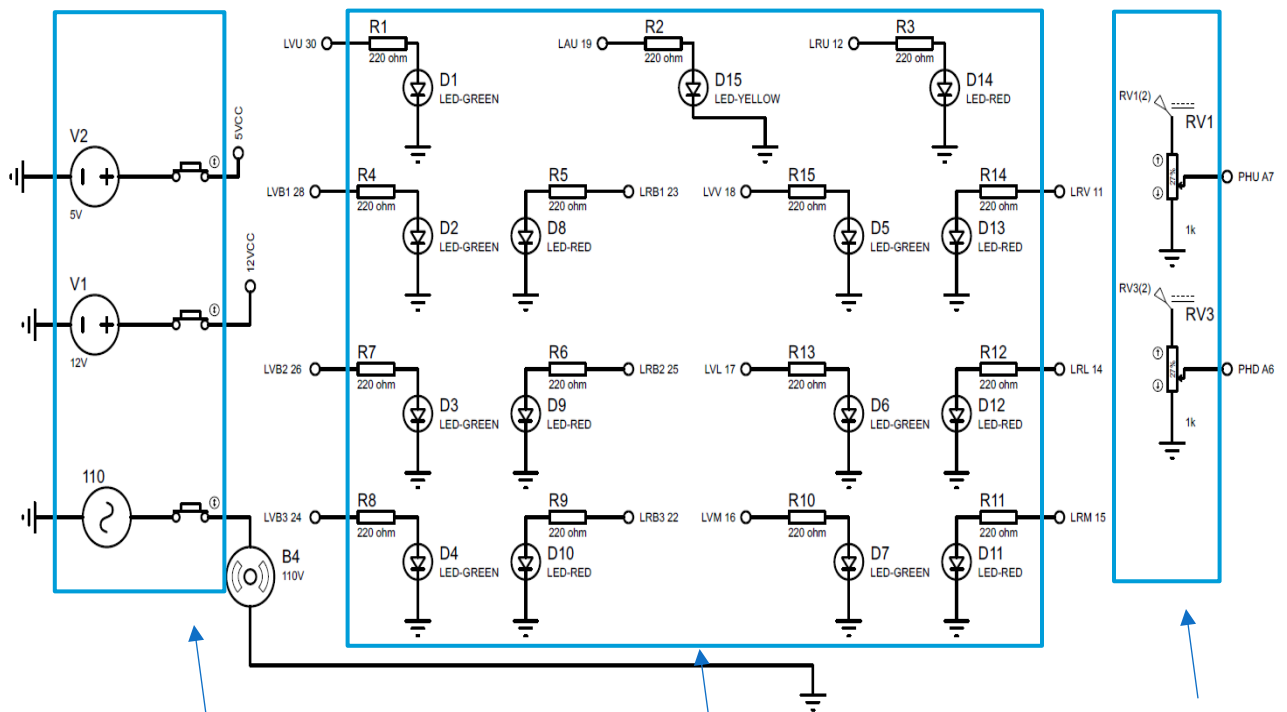
e) Sensor LDR



f) Sensor DS18B20



i) Etapa de potencia



j) Fuentes de alimentación

k) Indicadores led

l) Rango de pH

Nota. Conexiones del sensores y actuadores.

3.6.2 Implementación

Dentro del tablero de control se colocó los elementos de control y potencia. Las conexiones hacia sensores y actuadores se realizaron utilizando cables apropiados. Los sensores funcionan a 5 voltios y los actuadores funcionan a 12 voltios, por tanto, se incorporó una fuente de 5 Vdc y de 12 Vdc. Adicionalmente, en el tablero se colocó indicadores led color verde y color rojo. El led color verde se encenderá cuando el actuador asociado esté encendido y el led color rojo se encenderá cuando el actuador asociado esté apagado o no esté funcionando.

3.6.3 Montaje de componentes dentro del tablero control

Finalmente, el sistema hidropónico completamente instalado se muestra en las figuras 34 y figura 35

Figura 34

Instalación de los sensores, actuadores y parte exterior del tablero

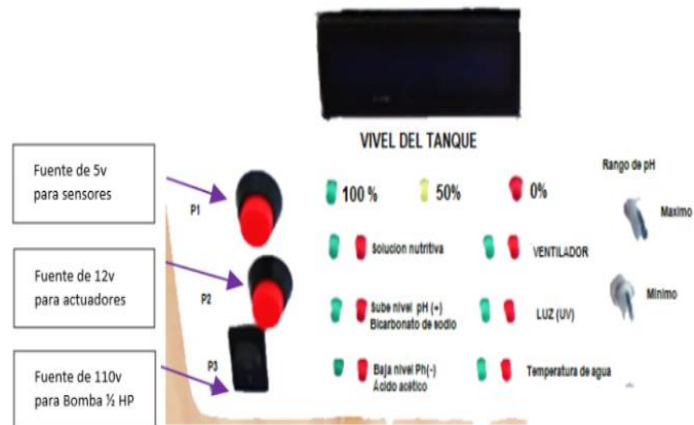


Nota. La figura de la izquierda muestra la instalación de los sensores, actuadores, tanque reservorio, y tuberías. La figura de la derecha, muestra la parte exterior del tablero.

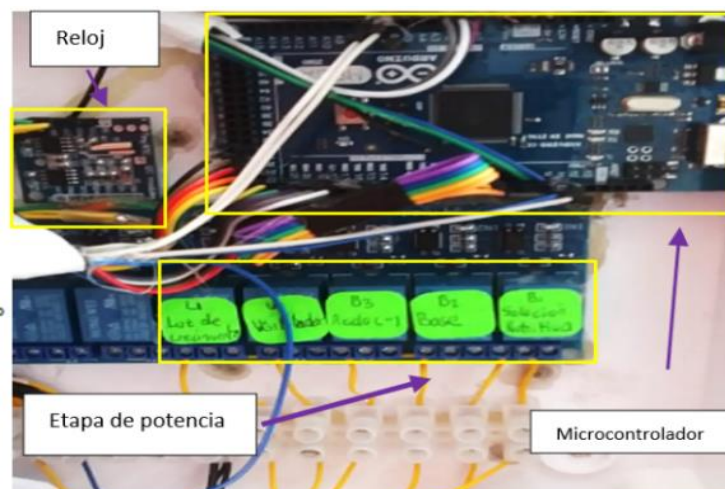
En la figura 35, se muestran de forma más clara los elementos de la figura 34.

Figura 35

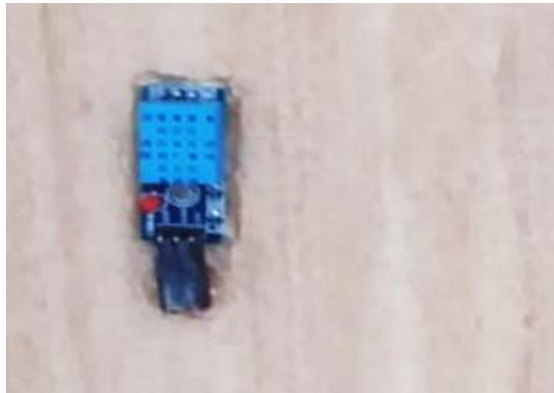
Sensores, actuadores y las conexiones con el tablero control.



a) Tapa exterior del tablero



b) Interior del tablero de control



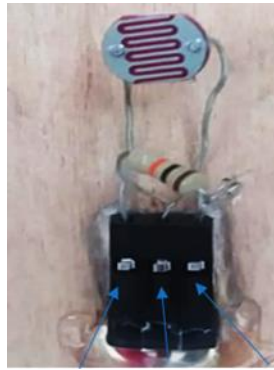
c) Sensor DHT11



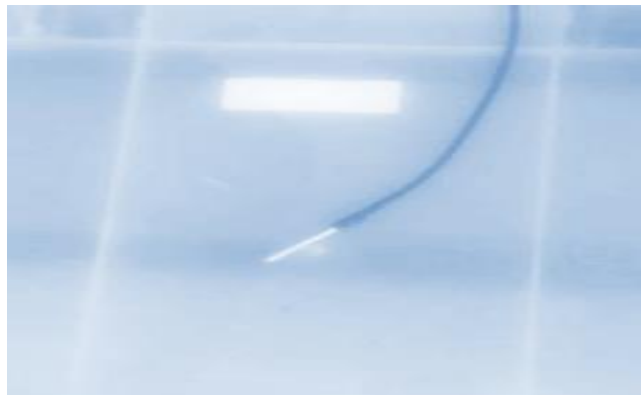
d) Sensor ultrasonico



e) Sensor de pH



f) Sensor de luz



g) Sensor DS18B20



h) Electrobombas



i) Luces led Ultravioletas



j) Ventilador

Nota. Ilustraciones de los sensores, actuadores y las conexiones con el tablero control.

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Para el cultivo de hortalizas como lechugas y nabos el rango de temperatura debe ir de 10°C a 20°C, el pH debe estar en el rango de 5.5 a 6.5 para el crecimiento sea en 45 días.
- Se seleccionó el microcontrolador Arduino Mega el cual tiene conectado 5 entradas analógicas, 3 entradas digitales, 22 salidas digitales. Además, se conectó el reloj (RTC).
- La programación mantiene la temperatura entre 10 °C y 20 °C, el ventilador se enciende cuando la temperatura es superior a 20 °C; el pH se estableció con un rango de 5.5 a 6.5 como funcionamiento normal, si el pH es mayor a 6.5 se activa la electrobomba para el ingreso de ácido acético (vinagre) al reservorio para disminuir el nivel del PH del agua y si es menor a 5.5 se activa la electrobomba para que ingrese la base (bicarbonato de sodio) al reservorio y subir el nivel de PH del agua; en tanto que el sensor de luz de día (LDR) identifica la iluminación si no existe éste se enciende; mientras que el reloj permite que cada 4 horas se active el sistema; el sensor ultrasónico mide el nivel del agua en un rango de 5cm a 25cm.
- En la pantalla LCD se puede variar los rangos de pH utilizando potenciómetro al iniciar el sistema.
- Se realizó pruebas de funcionamiento del sistema de hidropónico a fin de que la opere de manera adecuada.

4.2 Recomendaciones

- Para evitar posibles daños se pide revisar las características técnicas antes de la instalación de los elementos que conforman el sistema.
- Cuando ya se haya completado el programa de control y se vaya a cargar al microcontrolador se debe verificar que el puerto de carga está habilitado.
- Realizar varias simulaciones verificando el correcto funcionamiento del sistema

Bibliografía

- Aguilera Matinez, P. (2002). *Programación de PLC's*. México. Recuperado el 20 de octubre de 2022, de <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>
- Aguinaga Barragan , A. (2008). *Autómatas programables*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 16 de octubre de 2022, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/pdf-automatas-programables-aguinagapdf_compress.pdf
- Alonso, J. B. (2004). *Tecnologías de la Información y de la Comunicación*. Malaga, España: Published by Editorial Ra-Ma, 2004. Recuperado el 08 de noviembre de 2022, de <https://www.abebooks.com/9788478976430/Tecnolog%C3%ADas-informaci%C3%B3n-comunicaci%C3%B3n-Spanish-Edition-8478976434/plp>
- Alulema Taipe, N. V. (2021). *Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo controlado mediante*. (E. M. Aviónica., Ed.) Latacunga , Ecuador : Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE . Recuperado el 04 de noviembre de 2022, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26219/1/M-ESPEL-ENT-0401.pdf>
- Anthony, G. &. (2018). *IMPLEMENTACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO CON MICROCONTROLADORES*. Recuperado el 17 de enero de 2022, de <https://1library.co/document/zgg6656z-implementación-control-monitoreo-sistema-riego-goteo-subterraneo-microcontroladores.html>
- Aprendiendo Arduino. (s.f.). *Aprendiendo Arduino*. Recuperado el 10 de enero de 2022, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/06/27/arduino-uno-a-fondo-mapa-de-pines-2/>
- Areny, F. E. (2007). *Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC*. Madrid, España: Printed in Spain. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de

https://www.academia.edu/33081980/MICROCONTROLADORES_FUNDAMENTOS_Y_APLICACIONES_CON_PIC

Artero, C., Nogueras, M., & Manuel, A. (2018). PH SENSOR. (Electrónica, Ed.) *SARTI Research Group*.(13). Obtenido de

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12988/PH.pdf;sequence=1>

AUTYCOM. (2020). *Que es un actuador y como impacta en la generación de energía*. Obtenido de <https://www.autycom.com/que-es-un-actuador/>

Barrios Arreaga, N. E. (2004). *EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE LA LECHUGA, Lactuca sativa L. BAJO CONDICIONES HIDROPÓNICAS EN PACHALÍ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA*. Guatemala, Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. Recuperado el 4 de noviembre de 2021, de

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2071.pdf

Becerra, J. P., & Lara, A. G. (2017). *AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE UN HUERTO HIDROPÓNICO PARA EL CONTROL DE VARIABLES, UTILIZANDO SISTEMAS BASADOS EN MICROCONTROLADORES*. (F. t. desarrollo, Ed.) Guayaquil, Ecuador : Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Recuperado el 15 de octubre de 2022, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7734>

Beltrano, J., & Giménez, D. (14 de julio de 2015). Cultivo en hidroponía. *Instituto de Fisiología Vegetal*, 181. Recuperado el 30 de octubre de 2021, de

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46752>

Bricogeek. (2022). Ventilador de 80mm -12v. Recuperado el 17 de enero de 2022, de tienda.bricogeek.com/descatalogado/795-ventilador-80mm-12v.html

Cacciagioni, L. L., Eizmendi, J. I., & Nieva Casanova, J. E. (septiembre de 2018). aHydro: Hidroponía automatizada. *Sociedad Argentina de Informática e Investigación Operativa*,

79-88. Recuperado el 28 de octubre de 2021, de

<https://47jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/EST-06.pdf>

CAJILIMA, J. (2015). *DESAROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MOVILES QUE PERMITE ADMINISTRAR PEDIDOS Y CONTROLAR RUTAS DE LOS VENDEDORES*. Recuperado el 25 de octubre de 2022

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7951/1/UPS-CT004811.pdf>

Cama, A. G. (2016). Sistema inalámbrico. Recuperado el 22 de octubre de 2022, de

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49630405023>

Carrod. (2022). Fotoresistencia LDR. *Carrod*. Recuperado el 08 de enero de 2022, de

<https://www.carrod.mx/products/fotoresistencia-9p5-1l>

Centro de Investigación Hidropónica y Nutrición Mineral. (2018). *Hidroponía*. Recuperado el 22 de octubre de 2021, de <https://docplayer.es/73577836-Universidad-nacional-agraria-la-molina-centro-de-investigación-de-hidroponía-y-nutrición-mineral-departamento-de-biología.html>

Chafla, J. E. (2016). Diseño e implementación de un módulo electrónico para la automatización de un invernadero comunitario de producción de hortalizas y legumbres (B.S. thesis).

Recuperado el 12 de octubre de 2022, de

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12361>

Conde, E. (2017). *“DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO EN UN INVERNADERO”*. (F. D. NATURALES, Ed.)

La paz, Bolivia : UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS. Recuperado el 15 de

diciembre de 2022, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/16833/T-3365.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

eSpare. (2016). *BOMBA PLASET LAVADORA STANDARD GIRO IZQUIERDA*. Obtenido de

<https://www.espare.es/BOMBA-PLASET-LAVADORA-STANDARD-GIRO-IZQUIERDA>

- Fundación esplai. (2018). *crea tus apps con mit app inventor*. Obtenido de https://alfabetizacióndigital.fundacionesplai.org/pluginfile.php/9584/mod_resource/content/6/Crea%20tus%20APPS%20con%20MIT%20App%20Inventor.pdf
- GARCIA, J. L. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDROPÓNICO*. (F. d. aplicadas, Ed.) IBARRA, Ecuador : Universidad Técnica del Norte . Recuperado el 07 de noviembre de 2022, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7569>
- García, V. (2009). Recuperado el 15 de enero de 2022, de https://www.hispavila.com/wp-content/uploads/2015/08/ds1307_esp.pdf
- Gilsanz, J. C. (2007). Hidroponía. *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria*, 33. Recuperado el 20 de octubre de 2021, de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>
- GUILLERMO, U. F. (2008). *DESAROLLO E IMPLEMENTACIÓN INFORTMÁTICA DE UN SISTEMA DE ASCENSO DE NIVEL PARA LOS PROFESORES DE LA ESPOL*. Recuperado el 5 de noviembre de 2022 <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19249/2/TESIS%20COMPLETA%20CHRISTIAN%20URIBE%20FRANCO.pdf>
- Hernández Castelán , Z. Y., Hernández Jiménez , A. I., Martínez Luria , D. E., & Salas Salas , A. (2008). *Elementos primarios y finales de control*. México, México. Recuperado el 15 de enero de 2022 file:///C:/Users/Usuario/Downloads/pdf-elementos-primarios-y-finales-de-control_compress.pdf
- Herrera , E. (2009). *SISTEMA MACATRÓNICO PARA COBERTORES DE PISINA O SECADO DE GRANO tesis inédita*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 04 de noviembre de 2022, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1791/1/CD-2399.pdf>

- Herrera García , J. L. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDROPÓNICO PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA E MPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO*". (F. D. APLICADAS, Ed.) Ibarra: Universidad Técnica del Norte .
Recuperado el 04 de noviembre de 2022, de
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7569>
- Hidráulica ROMYSPAN,S.L. (2019). *Electroválvula*. Recuperado el 15 de enero de 2022, de
<http://www.romyspan.com/zero-portfolio/electrovalvula/>
- Hidroenviroment. (2015). *Solución nutritiva*. (Environment, Editor, & I. agrícola, Productor)
Recuperado el 12 de octubre de 2022, de
https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=33
- Inca Sánchez, S. A. (2013). *Automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos Tesis Inédita*. Lima, Perú: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA. Recuperado el 28 de Octubre de 2021, de
http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/405/Inca_sa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ingaruca, Freddy. (2019). DS18B20 sensor de temperatura para líquidos con Arduino. 3.
Recuperado el 07 de enero de 2022, de
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/teoria-de-control/ds18b20-sensor-de-temperatura-para-liquididos-con-arduino/6189058>
- Jama, S. A. (2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LOS SERVICIOS, CONFORT Y SEGURIDAD EN LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS CON EL PROTOCOLO X10 USANDO ARDUINO*. (F. d. Físicas, Ed.) Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39769>

- Jiménez, S. d. (2011). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Barcelona , España: Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado el 04 de noviembre de 2022, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=y_hoBQAAQBAJ&oi=fnd&pg
- Jon Postel, S. C. (2009). *Redes de comunicaciones*. Madrid, España. Recuperado el 08 de noviembre de 2022, de https://guimi.net/monograficos/G-Redes_de_comunicaciones/G-Redes_de_comunicaciones.pdf
- Juan F, S. (s.f.). *IoT, la tecnología que puede ayudar a alimentar al planeta*. Recuperado el 18 de octubre de 2022 <https://hablemosdeempresas.com/grandes-empresas/iot-en-invernaderos/>
- Lara Herrera, A. (julio-septiembre de 1999). MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN HIDROPONÍA. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 221-229. Recuperado el 3 de noviembre de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317306.pdf>
- Laverde, J. (2016). *SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL JARDÍN UBICADO EN LA PARTE LATERAL DEL BLOQUE DE AULAS #2 DE UNIANDES QUEVEDO*. (F. D. MERCANTILES, Ed.) Quevedo: UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES. Recuperado el 25 de diciembre de 2022, de <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/4642>
- Ledbox. (2022). *Tira LED UV Ultravioleta*. Recuperado el 18 de enero de 2022, de LED BOX: [file:///E:/DESCARGAS%20DISCO%20D/Tira%20LED%20UV%20Ultravioleta%20SMD5050,%20DC12V,%205m%20\(60%20Led_m\)%20-%20IP65.pdf](file:///E:/DESCARGAS%20DISCO%20D/Tira%20LED%20UV%20Ultravioleta%20SMD5050,%20DC12V,%205m%20(60%20Led_m)%20-%20IP65.pdf)
- Lidwill, W. (2010). *Universal Principles of Design, Revised and Updated: 125 Ways to Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, and Teach through Design Tapa blanda – 1 febrero 2010*. Obtenido de <https://www.amazon.es/Universal-Principles-Design-Revised-Updated/dp/1592535879>

- Llu, T. (2016). *Digital relative humidity y temperatura sensor AM2302/DHT22*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2022 <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/Digital+humidity+and+temperature+sensor+AM2302.pdf>
- Manrique, T. (2018). Elementos finales de control. Recuperado el 05 de enero de 2022, de <https://es.scribd.com/document/492618917/ELEMENTOS-FINALES-DE-CONTROL-Instrumentacion-Industrial-UNEXPO-autores-German-alberto-Manrique-y-Orlando-Baisdem>
- Marcelo Marinelli, G. L. (2019). Automatización de Sistemas de Cultivos Hidropónicos. Recuperado el 15 de enero de 2022 de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/61574/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marco, T. I. (2009). *Configuración e implementación de un sistema de control aplicando la tecnología bluetooth con PLC*. R. (F. D. ELECTRÓNICA, Ed.) Riobamba, Ecuador : ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Recuperado el 02 de noviembre de 2022, de <https://docplayer.es/82669917-Escuela-superior-polit%C3%A9cnica-dechimbora-zo-facultad-de-inform%C3%A1tica-y-electr%C3%B3nica-escuela-de-ingenieria-ensistemas.html>
- Martinez Perdomo, B. (mayo de 2017). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. (E. d. Ingeniería, Editor). Recuperado el 18 de enero de 2022 de <https://es.scribd.com/document/552446840/aporte-arduino-sensor-dht11>
- Marulanda, C., & Izquierdo, J. (2003). *La huerta hidropónica Popular* (3 ed.). Santiago, Chile: OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE. Recuperado el 5 de noviembre de 2021, de <https://www.fao.org/3/ah501s/ah501s.pdf>

- Microcontroladores. (2012). *“Los microcontroladores de hoy en día.”*. Recuperado el 20 de enero de 2022 <https://microcontroladoresv.wordpress.com/los-microcontroladores-de-hoy-en-dia/>
- Microsonic. (2022). Tecnología Ultrasónica. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de microsonic.de/es/suporte/ultrasonic-tecnología/principio.htm#:~:text=El%20principio%20ultrasónico%3A,del%20sonido%20por%20el%20aire.
- Monk, S. (2013). *Projects for the Evel Geminius* (2 ed.). New York Chicago Lisbon London Madrid México City Milan New Delhi San Juan Seoul Singapore Sydney Toronto, Estados Unidos: Mc Graw Hill Education. Recuperado el 7 de noviembre de 2021, de <https://www.accessengineeringlibrary.com/binary/mheaeworks/4ac86ee6a19c18c1/562c67bb3f6bd89e192364cbe331128f4488cdab1166b188777b952b532073ff/book-summary.pdf>
- Monk, S. (2018). *Ejercicios prácticos con Electrónica*. (F. Salcedo, Trad.) Barcelona, España: Marcombo S.A. Recuperado el 25 de octubre de 2021, de <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=71102>
- Naylamp. (2022). SENSOR ULTRASONIDO HC-SR04. Recuperado el 05 de enero de 2022, de <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>
- Ogata, K. (2010). *INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA*. Madrid: person. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de https://www.academia.edu/9814191/Ingeniería_de_Control_Moderna_Ogata_5ed
- Pere Ponsa, A., & Ramón Villanova, A. (2005). Automatización de procesos mediante la guía GEMMA. *EdiciónS UPC*, 20. Recuperado el 7 de noviembre de 2021, de https://www.e-buc.com/portades/9788498800227_L33_23.pdf

- Pérez, E. E. (2017). "DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO EN UN INVERNADERO. La Paz. Recuperado el 22 de octubre de 2022, de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/16833>
- PUMP HAPPY. (2020). ELECTROBOMBA QB60. Recuperado el 20 de enero de 2022, de <https://www.campeongroup.es/es/motores-térmicos-electrobombas/electrobombas-superficie/superficie-happy/electrobombas-superficie-qb/electrobomba-qb60-info>
- Rogel Vidal, M. I. (2018). *Respuesta de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) a cuatro soluciones nutritivas, bajo condiciones hidropónicas en invernadero Tesis Inédita*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 22 de octubre de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16529/1/T-UCE-0004-CAG-024.pdf>
- Ruiz, M. P. (2004). Controladores electrónicos para la distribución de agroquímicos. *Dianet*, 36. Recuperado el 04 de noviembre de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=930590&orden=0&info=lin>
- Sayara Tahseen, A. B. (2016). *Hydroponic and Aquaponic Systems for Sustainable Agriculture and Environment*. Recuperado el 16 de octubre de 2022 https://www.academia.edu/31335451/Hydroponic_and_Aquaponic_Systems_for_Sustainable_Agriculture_and_Environment
- Silge Electrónica. (2021). Funciones y características de los transductores. Recuperado el 04 de noviembre de 2022, de https://editores-srl.com.ar/sites/default/files/silge_20210614_funciones_y_características_de_los_transductores_0.pdf
- Torres, F. B. (2011). *Autómatas programables*. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/18436>

Uriarte, J. (2011). *sistemas automáticos y de control*. Recuperado el 23 de noviembre de 2022 <http://ieshuelin.com/huelinwp/download/Tecnología/Tecnología%20industrial/3-SISTEMAS-DE-CONTROL-AUTOMATICO.pdf>

Uziel Trujillo, C. (2020). *Tekax-Aplicación móvil para el control de cultivos hidropónicos utilizando IoT*. Acapulco, México: Tecnológico Nacional de México. Recuperado el 30 de octubre de 2021, de <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/1466/1/Tesis-UzielTrujillo-tesis-v1.4.pdf>

Verle, M. (2014). *Introducción al Mundo de los microcontroladores | microcontroladores PIC- Programación en en Basic*. Recuperado el 22 de octubre de 2022, de <http://learn.mikroe.com/ebooks/microcontroladorespicbasic/chapter/introduccio>

Villajulca, J. C. (2009). *Trasmisor*. Recuperado el 04 de noviembre de 2022, de <http://instrumentacionycontrol.net/3-3-transmisores/>

Zagal, M. M.-T. (2016). *Hydroponics maize green forage production with watering every 24 hours*. Recuperado el 27 de octubre de 2022 http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100029&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Anexos