

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE CULTIVO VERTICAL HIDROPÓNICO
AUTOMATIZADO PARA EL INCREMENTO DE ZONAS VERDES EN AREAS
URBANAS**

**DIEGO ALEJANDRO CHAPARRO ALVAREZ
JUAN DAVID GONZALEZ BETANCUR**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

2021

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE CULTIVO VERTICAL HIDROPÓNICO
AUTOMATIZADO PARA EL INCREMENTO DE ZONAS VERDES EN AREAS
URBANAS**

**DIEGO ALEJANDRO CHAPARRO ALVAREZ
JUAN DAVID GONZALEZ BETANCUR**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

ASESORES DISCIPLINARES:

MSc SAUL ANTONIO PEREZ PEREZ

MSc CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ

ASESOR METODOLOGICO:

MSc CARLOS GABRIEL DIAZ SAENZ

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

2021

Nota de aceptación

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

DEDICATORIA

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE ECUACIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
GLOSARIO.....	10
RESUMEN (No más de 250 palabras)	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT (No más de 250 palabras).....	11
INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. ANTECEDENTES	13
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....	¡Error! Marcador no definido.
2. OBJETIVOS.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	¡Error! Marcador no definido.
3. MARCO DE REFERENCIA.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1. ESTADO DEL ARTE	¡Error! Marcador no definido.
3.2. MARCO TEÓRICO.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.1 NATURALEZA DE LAS PLANTAS.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2 COMPORTAMIENTO POR ESTÍMULOS DE LAS PLANTAS.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.4 DINAMICA DE FLUIDOS	28
3.2.5 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.6 PRINCIPIO DE BORNOULLI.....	¡Error! Marcador no definido.
4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	¡Error! Marcador no definido.
4.1. METODLOGÍA	¡Error! Marcador no definido.
4.2. TIPO DE ESTUDIO.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO.....	¡Error! Marcador no definido.
5. PRESUPUESTO	¡Error! Marcador no definido.
5.1. PRESUPUESTO GENERAL	¡Error! Marcador no definido.
5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO.....	¡Error! Marcador no definido.
5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA.....	¡Error! Marcador no definido.
5.4. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS	¡Error! Marcador no definido.

6.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	¡Error! Marcador no definido.
6.1.	DISEÑO DEL PROTOTIPO	¡Error! Marcador no definido.
6.2.	DISEÑO DISPOSITIVO FINAL	¡Error! Marcador no definido.
6.2.1.	Dimensiones del dispositivo.....	43
6.3.	MATERIALES	¡Error! Marcador no definido.
6.3.1.	CONTROLADOR	¡Error! Marcador no definido.
6.3.2.	BOMBA SUMERGIBLE.....	¡Error! Marcador no definido.
6.3.3.	SENSORES.....	¡Error! Marcador no definido.
6.3.4.	LUCES INDOOR	¡Error! Marcador no definido.
6.4.	CALIBRACIÓN Y TESTEO.....	¡Error! Marcador no definido.
6.6.	RECOLECCIÓN DE DATOS	¡Error! Marcador no definido.
6.6.1.	MUESTRA POBLACIONAL (Debe estar referenciada en la metodología 4.1, es decir, debió ser indicada anteriormente en 4.1)	¡Error! Marcador no definido.
6.7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS (Dar respuesta a cada uno de los objetivos específicos). ¡Error! Marcador no definido.	
6.7.1.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO	¡Error! Marcador no definido.
6.7.2.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL	¡Error! Marcador no definido.
6.8.	MANUAL DE USUARIO.....	¡Error! Marcador no definido.
	CONCLUSIONES (Debe dar respuesta al objetivo general) Y RECOMENDACIONES..	¡Error! Marcador no definido.
	BIBLIOGRAFÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

Figure 1: Fototropismo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figure 2: Gravitropismo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figure 3: Quimiotropismo	¡Error! Marcador no definido.
Figure 4: Hidrotropismo	¡Error! Marcador no definido.
Figure 5: Tigmotropismo	¡Error! Marcador no definido.
Figure 6: vías de absorción de agua en la raíz [48]	¡Error! Marcador no definido.
Figure 7: Líneas y tubos de flujo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figure 8: Ecuación de continuidad de flujos ideales	¡Error! Marcador no definido.
Figure 9: principio de Bernoulli, ecuación en dinámica de fluidos	30
Figure 10: En un flujo constante, un fluido no puede tener aceleración en un punto, pero sí en el espacio.	30
Figure 11: Diagrama de procesamiento de señal.....	¡Error! Marcador no definido.
Figure 12: Bosquejo inicial del prototipo	40
Figure 13: Prototipo final	¡Error! Marcador no definido.
Figure 14: Dispositivo final funcionando.....	¡Error! Marcador no definido.
Figure 15: Plantas antes de ser puestas en el dispositivo	48
Figure 16: Estado de las plantas después de una semana puestas en el dispositivo.	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto general.	35
Tabla 2. Costo personal científico.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3. Costo personal de apoyo.	37
Tabla 4. Costo consultoría especializada.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Costo materiales e insumos.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Costo trabajo de campo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Costo equipos usados.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Dimensiones del dispositivo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9 Tomas de temperatura antes de colocar las plantas en el dispositivo ...	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10 Toma de la temperatura después de colocar las plantas en el dispositivo	¡Error! Marcador no definido.

GLOSARIO

PLANTA: Organismo vivo que crece sin poder moverse, en especial el que crece fijado al suelo y se nutre de las sales minerales y del anhídrido carbónico que absorbe por las raíces o por los poros de las hojas [1].

HIDROPONÍA: Método de cultivo industrial de plantas que en lugar de tierra utiliza únicamente soluciones acuosas con nutrientes químicos disueltos, o con sustratos estériles (arena, grava, vidrio molido...) como soporte de la raíz de las plantas [2].

AUTOMATIZACIÓN: Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria [3].

SUSTRATO: Medio en el que se desarrollan una planta o un animal fijo [4].

SOLUCIÓN NUTRITIVA: Es el medio acuoso en el cual se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas es la vía principal de nutrición de cultivos en hidroponía y sustratos [5]

SENSOR: Dispositivo que detecta variaciones en una dimensión física y las convierte en señales útiles para un sistema de medida o control [6].

RESUMEN

El presente documento conllevó el desarrollo de un sistema hidropónico automatizado, todo esto con el fin de ayudar al incremento de las zonas verdes en espacios cerrado, surgiendo de la disminución de estos mismos debido al incremento de las áreas rurales. Logrando así un dispositivo que proporcionó agua y luz a las plantas durante su estancia en el sistema, se elaboró estudios de confort con el fin de obtener resultados de acuerdo a sus propiedades termoaislantes que este dispositivo podía generar en una habitación. El método que se utilizó para comprobar la funcionalidad del dispositivo fue el de observación, y para determinar sus características termoaislantes conllevó un estudio más detallado con toma de muestras de antes y después de haber puesto en funcionamiento en el dispositivo. Como resultado se observó que el prototipo pudo cumplir con su objetivo principal que era el de suplir las necesidades de las plantas. Después de haber analizado los datos recopilados se arrojó los siguientes resultados: Antes de la implementación del prototipo la temperatura promedio existente en el ambiente de la habitación fue de 29.50°C, mientras que la temperatura promedio después del levantamiento del prototipo fue de 28.50°C, logrando así una reducción de aproximadamente 1°C, Sin embargo, hacen falta más estudios para dar una conclusión certera.

Palabras claves: Hidroponía, Automatización, Aislante térmico

ABSTRACT

This document involves the development of an automated hydroponic system, all of this in order to help increase the green areas in closed spaces, arising from the decrease in these due to the increase in rural areas. Thus, achieving a device that provided water and light to the plants during their stay in the system, comfort studies were carried out in order to obtain results according to its heat-insulating properties that this device could generate in a room. The method used to verify the function of the device was by observation, and to determine its heat-insulating characteristics, a more detailed study was carried out with sampling before and after having been put in the device. As a result, it was realized that the prototype could fulfill its main

objective, which was to supply the needs of the plants. After having analyzed the collected data, the following results were obtained: Before the implementation of the prototype, the average temperature in the room environment was 29.50 °C, while the average temperature after lifting the prototype was 28.50 °C, thus achieving a reduction of approximately 1 °C, However, more studies are needed to give an accurate conclusion.

Keyword: Hydroponics, Automation, Thermal insulation

INTRODUCCIÓN

La existencia de áreas verdes en la ciudad hace que la vida de todas las personas que viven en la ciudad sea más saludable y placentera. Si bien se le está dando prioridad a la construcción y cuidado de estas áreas saludables, se debe reconocer que la construcción de infraestructura local es muy importante, pero genera daños ambientales. Desde este punto de vista, la sostenibilidad medioambiental no se ha considerado durante muchos años. No puede ser ignorado. Sume la cantidad de dióxido de carbono emitido por el automóvil [7].

Según los datos disponibles hasta el momento, más del 50% de la población mundial vive en ciudades. Se estima que este número aumentará exponencialmente en el futuro. Si esto sucede, afectará parcialmente la calidad de vida de los residentes. De acuerdo con las regulaciones de Naciones Unidas, las ciudades deben representar el 15% del área total de las ciudades, por lo que debe haber áreas verdes, cosa que no se consideran en algunas áreas urbanas [8].

Por estos motivos, este documento plantea un dispositivo que puede llegar a ser una alternativa para el aumento de estas áreas verdes sin impedir que también se aumente el área urbana, aparte de una investigación en la que se busca descubrir si de igual forma este puede servir como un aislante térmico dentro de una habitación en la cual el sol golpea fuertemente provocando altas temperaturas.

Los estudios realizados en este documento no son nuevos, sin embargo, para una ciudad que tiene una sensación térmica tan alta como lo es barranquilla los resultados dados en el manuscrito podrían ser de ayuda para estudios futuros en

los que se tenga como base la ampliación de zonas verdes, disminución de sensación térmica y confort en espacios cerrados [9].

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo como su nombre lo indica se planteará el problema o problemática que se ha venido presentando la cual ha llevado a la formulación de una pregunta problema que por último busca una solución y el alcance esperado por dicho proyecto.

1.1. ANTECEDENTES

Las existencias de zonas verdes en una ciudad hacen más saludable y placentera la vida de todo individuo el cual habita en ella, A pesar de que actualmente se están priorizando la construcción y cuidado de estas áreas saludables, se debe reconocer que a medida en que se edifican infraestructuras en una zona local se realiza también un daño ambiental considerable, no hay que dejar pasar por alto que por muchos años no se tuvo en cuenta la sostenibilidad medioambiental. Añadiéndole a esto las cantidades de dióxido de carbono emitidas por automóviles [10].

Según los datos que se tienen hasta el momento, más del 50% de la población mundial vive en las ciudades y se estima que en un futuro esta cifra suba exponencialmente, si esto llega a pasar afectaría en parte a la calidad de vida de los habitantes, ya que según la ONU el 15% de la superficie total del área urbana de las ciudades debería contar con áreas verdes, lo cual en algunas zonas urbanas no tienen en cuenta [11].

Un ejemplo de lo dicho anteriormente es la ciudad de México, la cual es una mega ciudad y no cuenta con estas condiciones ya que solo tiene en promedio un 7% de estas áreas verdes, que vendría afectando tanto la provisión de aire limpio como las zonas de que tienen las personas para su disfrute [12].

En Colombia se puede observar como por la ampliación de áreas urbanas se disminuyen las zonas verdes, como lo es el caso de Suba, la cual es una localidad de la ciudad de Bogotá que por el aumento de las áreas urbanas se redujo

considerablemente en un 50% estas zonas verdes o como en el caso de Medellín en donde el promedio de zonas verdes por habitante apenas llega a seis (6) metros cuando la OMS recomienda que sean nueve (9) metros [13].

Pasando a Barranquilla según un congreso acerca de la calidad del aire y salud pública, se mencionó que no hay preocupación por la calidad del aire de esta ciudad, sin embargo, también se dijo que los niveles de contaminación estarían incrementándose, por otra parte, se advirtió que hay que estar alerta, porque el crecimiento acelerado de Barranquilla contribuye a que de la misma forma se incrementen los efectos contaminantes, sobre todo en un factor que es el parque automotor que genera un 75% de contaminación en el aire [14].

Todos estos espacios son indispensables ya que se ha demostrado que con el aumento de estos se podrían evitar muertes prematuras ya que estos son buenos para la salud física y mental de las personas, aparte de aumentar la biodiversidad y reducir los impactos del cambio climático, lo cual genera una ciudad más sostenible [15].

Como consecuencia del cambio climático se obtiene un incremento de temperatura, cuando la temperatura sobrepasa los 38 centígrados genera problemas a niveles de salud, produciendo en las personas dolores de cabeza, fatiga, confusión y problemas de presión, entre otros síntomas. A su vez también genera incomodidades en las personas en el momento de realizar una actividad durante su día a día [16].

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a lo planteado con anterioridad y sabiendo que las zonas verdes ayudarían en gran medida a la salud de las personas como también a combatir el cambio climático se puede formular lo siguiente:

¿Qué solución se puede aplicar para aumentar espacios verdes en espacios ya construidos?

1.2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE

Con base a lo planteado anteriormente el proyecto permitirá realizar un dispositivo mecatrónico que permitirá implementar zonas verdes incluso en áreas donde no llega luz solar con el fin de estudiar las características termoaislantes que estas pueden tener y de esta forma determinar si pueden ser una solución al problema planteado en los antecedentes y la formulación del problema.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema automatizado de control para el crecimiento de plantas basado en un modelo de cultivo vertical para elevar el porcentaje de zonas verdes en áreas urbanas

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el entorno de las plantas con respecto a los sistemas hidropónicos verticales para el levantamiento de los requerimientos.
- Diseñar la estructura requerida el levantamiento el sistema hidropónico.
- Implementar un sistema de control para suplir las necesidades de las plantas durante su proceso de crecimiento.

Determinar características termoaislantes del prototipo dentro de una habitación a la cual la luz solar golpea directamente provocando altas temperaturas

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. ESTADO DEL ARTE

En esta sección se muestra la investigación hecha a proyectos realizados previamente por otros autores, para así adquirir información necesaria las cuales se verán aportadas en el levantamiento del sistema hidropónico vertical. Este segmento contiene resúmenes de cada una de las investigaciones y los aportes que estas le dieron al proyecto de grado:

- **IOT BASED HYDROPONICS SYSTEM USING DEEP NEURAL NETWORKS:**
En esta investigación se presenta el desarrollo de un sistema hidropónico inteligente basado en IoT (internet de las cosas) mediante el empleo de Deep Neural Networks, que es el primero de su tipo. El sistema implementado es lo suficientemente inteligente para proporcionar la acción de control adecuada para el entorno hidropónico en función de los múltiples parámetros de entrada recopilados. Este diseño aportó un método más complejo e innovador, que permitiría la conexión del sistema hidropónico con la red para así tener un mayor control del mismo [17].
- **FULLY AUTOMATED HYDROPONIC SYSTEM FOR INDOOR PLANT GROWTH:** Los autores desarrollaron un sistema automatizado mediante microcontroladores y sensores para mantener al mínimo la intervención humana para un cultivo hidropónico. Se creó una red de Internet de las cosas (IoT) para mejorar la confiabilidad y permitir la supervisión y el control remotos si es necesario. El usuario solo debe plantar una plántula y establecer los parámetros iniciales. Una vez hecho esto, el sistema puede mantener los parámetros y promover un crecimiento saludable de las plantas. De este papel adicional información acerca de un sistema complejo automatizado de hidroponía, pero muy útil en la actualidad, ya que permite tener un control completo desde el pc o celular [18].

- AUTOMATED SYSTEM DEVELOPED TO CONTROL PH AND CONCENTRATION OF NUTRIENT SOLUTION EVALUATED IN HYDROPONIC LETTUCE PRODUCTION:** El departamento de química e ingeniería de la universidad de Londrina desarrolló un sistema hidropónico completamente administrado por un software de laboratorio. Controla la conductividad y el pH a lo largo de 24 h durante todo el ciclo de producción. Además, permite ajustar automáticamente cualquier variación, mediante electroválvulas que dispensan soluciones de ácido / base o nutriente. Este es un método bastante práctico para llevar el control de las plantas durante su proceso de crecimiento permitiendo controlar el pH para el óptimo crecimiento de la planta [19].
- ON THE DESIGN OF NUTRIENT FILM TECHNIQUE HYDROPONICS FARM FOR SMART AGRICULTURE:** Alumnos de la facultad de ingeniería electrónica en la universidad de La Salle diseñaron e implementaron un sistema de hidroponía inteligente que automatiza el proceso de crecimiento de los cultivos utilizando el modelo de Red Bayesiana. Se instalan sensores y actuadores para monitorear y controlar los parámetros de la finca como intensidad de luz, pH, conductividad eléctrica, temperatura del agua y humedad relativa. Este diseño, es muy útil antes de empezar la implementación, porque permite minimizar errores a la hora de tomar decisiones, teniendo en cuenta los parámetros de incertidumbre y los diferentes aspectos a tener en cuenta para el crecimiento de la planta [20].
- THE EFFECT OF DEFICIT IRRIGATION ON YIELD AND YIELD COMPONENTS OF GREENHOUSE TOMATO (SOLANUM LYCOPERSICUM) IN HYDROPONIC CULTURE IN AHVAZ:** El departamento de ciencia e ingeniería de la universidad de Ahvaz en este estudio evaluó y comparó el riego por déficit regulado (RDI) y secado parcial de la zona (PRD) en diferentes proporciones en un cultivo de 22 tomates. Los tratamientos consistieron

en cinco tratamientos, con riego RDI al 85 y 70% de los requisitos de agua vegetal y riego PRD al 85 y 70% de las necesidades de agua de la planta. Este proyecto aporta más técnicas de riego, en este caso la técnica RDI junto con la técnica PRD, expandiendo más las opciones [21].

- **IRRIGATION CONTROL SYSTEM WITH MONITORING FUNCTIONS FOR HYDROPONIC CROPS BASED ON THE DEMAND TRAY METHOD:** El Tecnológico Nacional de México en Roque implementó un sistema de control de riego en un cultivo hidropónico utilizando el software de labVIEW, una base de datos en ACCES para la lectura de las variables del cultivo. El sistema físico consta de una bandeja sobre la que se colocan uno o varios recipientes del sustrato sobre el que se desarrollan las plantas. Este informe proporciona información útil acerca del controlador PID con el cual ya se está familiarizado, además también suministra manejo de datos con respecto a las lecturas en las variables de las plantas [22].
- **THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A HYDROPONICS CONTROL SYSTEM:** Como tesis de grado estudiantes de la universidad de ciencias aplicadas Oulu decidieron elaborar un controlador hidropónico funcional, que sea lo suficientemente barato y simple de construir. Este controlador supervisará y manipulará los niveles de pH, CE, aire y agua. El controlador fue elegido como Arduino Mega 2560 debido a su soporte, naturaleza abierta, gran variedad de pines e interrupciones, así como su gran espacio para SW. Se creó un circuito después de la creación de prototipos en placas de prueba, ya que esto ayudará a otros a construir un sistema más robusto. También se usaron sensor de temperatura DHT11, sensor de temperatura del agua DS18B20, fotorresistencia, reloj en tiempo real DS3234, pantalla táctil TFT, transmisor y enchufes, circuito EC, circuito de pH y un recinto para proteger el equipo de cualquier agua que pueda salpicar el circuito. Este trabajo de grado expande las opciones acerca de los componentes sensores y actuadores para el levantamiento del sistema hidropónico [23].

- **THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF HYDROPONICS CONTROL SYSTEM USING IOT:** Según este artículo menciona que es posible monitorear las necesidades y condiciones requeridas para que la planta crezca hidropónicamente y a su vez los usuarios pueden monitorear el sistema de forma remota usando IoT. La plataforma de hardware implementada fue el ESP32. Este documento adiciona más componentes, proporcionando controladores ESP32 y Raspberry, esto expande las opciones para la elaboración de una lista tentativa de materiales [23].
- **INCREASING EFFECTIVENESS OF URBAN ROOFTOP FARMING THROUGH REFLECTOR-ASSISTED DOUBLE-LAYER HYDROPONIC PRODUCTION:** Lo que se demuestra en este artículo es que se puede aumentar el rendimiento y las ganancias en la producción de vegetales de hoja utilizando un sistema hidropónico de dos capas. Realizaron diferentes estudios y pruebas con respecto a las medidas del microclima, el cultivo, muestreo y rendimiento potencial, todo para al final lograr un análisis de costos y beneficios con respecto a las muestras tomadas. Este sistema hidropónico aporta un sistema hidropónico diferente, más optimizado en cuanto su diseño por la sencillez de este. Además, otorga información acerca de los reflectores hidropónicos [24].
- **CONTROL OF VISCOSITY IN DIFFERENT CONCENTRATIONS AND TEMPERATURES OF NUTRIENT SOLUTION FOR HYDROPONIC SYSTEM:** El objetivo que se logró en este artículo fue el de evaluar la viscosidad de una solución nutritiva en diferentes concentraciones con el fin de determinar si este factor proporciona una ventaja para el sistema hidropónico. Para dar alcance al objetivo se determinó que compuestos tendrá la sustancia nutritiva a evaluar y así poder establecer las concentraciones. Este documento proporciona una composición nutritiva para plantas ornamentales e información de cómo la viscosidad de la composición afecta el rendimiento del sistema hidropónico [25].

- **MITIGATION OF HEATING OF AN URBAN BUILDING ROOFTOP DURING HOT SUMMER BY A HYDROPONIC RICE SYSTEM:** En este documento estudiantes del departamento de agricultura, ciencias e ingeniería de la universidad de Kioto Evaluaron como un sistema hidropónico puede mitigar efectos térmicos de una azotea en Osaka – Japón, para el desarrollo de este estudio el techo contaba con un área verde y con otra área completamente desnuda. Este artículo proporciona técnicas para la toma de temperatura en cuanto el entorno de un sistema hidropónico, Estas son necesarias puesto que uno de los objetivos es evaluar las capacidades termoaislantes del sistema hidropónico [26].
- **EXPLORING NUTRIENT RECOVERY FROM HYDROPONICS IN URBAN AGRICULTURE: AN ENVIRONMENTAL ASSESSMENT:** Este estudio hecho por la universidad Autónoma de Barcelona tiene como objetivo analizar la implementación potencial de alternativas para la recuperación de nutrientes que promueven la recuperación de nutrientes para promover así la reutilización de solución nutritiva en hidroponía en espacios urbanos. Con respecto a información, este documento propone tres métodos con los que podemos reutilizar la sustancia nutritiva, lo cual puede proporcionar un increíble beneficio en el sistema hidropónico [27].

Artículos presentes en el estado del arte					
Autores, año y referencia	Título	Muestras	Metodos	Resultados	Comentarios
ManavMehra; SameerSaxena; SureshSankaranarayanan; Rijo JacksonTom; M.Veeramanikandan (2018) [17].	IOT BASED HYDROPONICS SYSTEM USING DEEP NEURAL NETWORKS	Plantas de tomate	Se desarrolló un prototipo para el crecimiento de plantas utilizando Arduino, Raspberry Pi3 y Tensor Flow	Se desarrolló un sistema hidropónico inteligente basado en IoT (internet de las cosas) mediante el empleo de Deep Neural Networks, que	Este diseño aporta un método más complejo e innovador, que permitiría la conexión del sistema hidropónico con la red para así tener un mayor control del mismo
VaibhavPalande; AdamZaheer; KiranGeorge (2018) [18].	FULLY AUTOMATED HYDROPONIC SYSTEM FOR INDOOR PLANT GROWTH	Plantas y vegetales comunes	Se logró usando una técnica llamada Hidroponía. El sistema se automatizó mediante microcontroladores y sensores para mantener al mínimo la intervención humana	Se logró usando una técnica llamada Hidroponía. El sistema se automatizó mediante microcontroladores y sensores para mantener al mínimo la intervención humana.	De este paper adiciona información acerca de un sistema complejo automatizado de hidroponía, pero muy útil en la actualidad, ya que permite tener un control completo desde el pc o celular
Diego S. Domingues; Hideaki W. Takahashi; Carlos A.P. Camara; Suzana L. Nixdorf (2012) [19].	AUTOMATED SYSTEM DEVELOPED TO CONTROL PH AND CONCENTRATION OF NUTRIENT SOLUTION EVALUATED IN HYDROPONIC LETTUCE PRODUCTION	Se evaluó mediante el cultivo simultáneo de un mismo tipo de lechuga (Vanda) de dos formas diferentes	La solución nutritiva pasa a través del sensor de temperatura, la celda de conductividad y el electrodo de pH. Sus datos son adquiridos por el software ControlHidro. Las válvulas de soluciones básicas, ácidas o nutritivas se activan según la programación preestablecida	La secuencia de datos respecto a la concentración de nutrientes para el sistema hidropónico automatizado fue similar a las obtenidas por los investigadores. Esta similitud resalta la eficiencia de controlar los parámetros de conductividad y pH en el sistema instrumental aplicado a la hidroponía, ofreciendo al productor una alternativa eficaz y viable en la producción de lechuga.	Este es un método bastante practico para llevar el control de las plantas durante su proceso de crecimiento permitiendo controlar el pH para el óptimo crecimiento de la planta

Tabla 1 artículos en el estado del arte 1/4

Artículos presentes en el estado del arte					
Autores, año y referencia	Título	Muestras	Metodos	Resultados	Comentarios
Melchizedek I. Alipio; Allen Earl M. Dela Cruz; Jess David A. Doria; Rowena Maria S. Fruto (2019) [20].	ON THE DESIGN OF NUTRIENT FILM TECHNIQUE HYDROPONICS FARM FOR SMART AGRICULTURE	sistema de hidroponía inteligente que automatiza el proceso de crecimiento de los cultivos utilizando el modelo de Red Bayesiana	Se instalan sensores y actuadores para monitorear y controlar los parámetros de la finca como intensidad de luz, pH, conductividad eléctrica, temperatura del agua y humedad relativa. Los valores de los sensores recopilados se utilizan en la construcción de la Red Bayesiana, que clasifica y predice el valor óptimo en cada actuador para controlar de forma autónoma la granja hidropónica	El modelo de predicción obtuvo una precisión del 84,53% después de la validación del modelo y los cultivos rendidos en el control automático fueron 66,67% más altos que en el control manual.	Este diseño, es muy útil antes de empezar la implementación, porque permite minimizar errores a la hora de tomar decisiones, teniendo en cuenta los parámetros de incertidumbre y los diferentes aspectos a tener en cuenta para el crecimiento de la planta
MohammadHooshmand; MohammadAlbaji; SaeedBoroomand nasab; NaserAlam zadeh Ansarib (2019) [21].	THE EFFECT OF DEFICIT IRRIGATION ON YIELD AND YIELD COMPONENTS OF GREENHOUSE TOMATO (SOLANUM LYCOPERSICUM) IN HYDROPONIC CULTURE IN AHVAZ	Efecto de los métodos de riego por déficit regulado (RDI) y secado parcial de la zona radicular (PRD) en tomate	Los tratamientos consistieron en cinco tratamientos, riego RDI al 85 y 70% del requerimiento hídrico de la planta y riego PRD al 85 y 70% del requerimiento hídrico de la planta, y el tratamiento control se realizó en un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones	La combinación de PRD y riego deficitario de 85% mejoró el WUE en comparación con el tratamiento de control.	De este paper adiciona información acerca de un sistema complejo automatizado de hidroponía, pero muy útil en la actualidad, ya que permite tener un control completo desde el pc o celular. Este proyecto aporta más técnicas de riego, en este caso la técnica RDI junto con la técnica PRD, expandiendo más las opciones
Juan Carlos Gómez Cortés, Daniel Rodríguez Mercado, José Javier Díaz Carmona (2018) [22].	IRRIGATION CONTROL SYSTEM WITH MONITORING FUNCTIONS FOR HYDROPONIC CROPS BASED ON THE DEMAND TRAY METHOD	Se evaluó mediante el cultivo simultáneo de un mismo tipo de lechuga (Vanda) de dos formas diferentes	El sistema físico consta de una bandeja sobre la que se colocan uno o varios recipientes del sustrato sobre el que se desarrollan las plantas	sistema de control de riego en un cultivo hidropónico basado en el método de bandeja de demanda, utilizando el software LabVIEW en conjunto con una base de datos en Access para lectura/escritura de variables propias del cultivo.	Este informe proporciona información útil acerca del controlador PID con el cual ya se está familiarizado, además también suministra manejo de datos con respecto a las lecturas en las variables de las plantas

Tabla 2 artículos en el estado del arte 2/4

Artículos presentes en el estado del arte					
Autores, año y referencia	Título	Muestras	Metodos	Resultados	Comentarios
Mark Griffiths (2014) [23].	THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A HYDROPONICS CONTROL SYSTEM	planta ornamentales	controlador hidropónico funcional. Monitoreará y controlará los ingredientes ambientales clave necesarios para un cultivo hidropónico exitoso, principalmente los niveles de pH, CE, aire y agua. Se activarán alarmas visuales si se	La interfaz elaborada para el sistema arroja un retundo éxito con respecto al sistema de control deseado	Este documento adiciona más componentes, proporcionando controladores ESP32 y Raspberry, esto expande las opciones para la elaboración de una lista tentativa de materiales
Yun-LinSu; Yu-FangWang; David W.Ow (2020) [24].	INCREASING EFFECTIVENESS OF URBAN ROOFTOP FARMING THROUGH REFLECTOR-ASSISTED DOUBLE-LAYER HYDROPONIC PRODUCTION	Instalación hidropónica de una sola capa dentro de una casa de malla de techo de 150 m ² en Guangzhou, China	Se probó un sistema hidropónico de dos capas asistido por reflector en la agricultura en azoteas	Mostró que se pueden cultivar verduras de hoja seguras y nutritivas. Sin embargo, el margen de beneficio solo podría alcanzar hasta el 53% de los ingresos promedio de Guangzhou en 2015 y la recuperación del costo de instalación tomaría entre 2,5 y 3,5 años	Este sistema hidropónico aporta un sistema hidropónico diferente, más optimizado en cuanto su diseño por la sencillez de este. Además, otorga información acerca de los reflectores hidropónicos
MidoriHikashi; Katsumishikawa; MakitoMori; DaisukeYasutake (2013) [25].	CONTROL OF VISCOSITY IN DIFFERENT CONCENTRATIONS AND TEMPERATURES OF NUTRIENT SOLUTION FOR HYDROPONIC SYSTEM	Solución nutritiva en diferentes concentraciones y diferentes temperaturas	Control de viscosidad en diferentes concentraciones y temperaturas de solución nutritiva para sistema hidropónico	Los resultados sugieren que la viscosidad puede usarse para el control de la solución nutritiva para cultivar en sistema hidropónico.	Este documento proporciona una composición nutritiva para plantas ornamentales e información de cómo la viscosidad de la composición afecta el rendimiento del sistema hidropónico

Autores, año y referencia	Título	Muestras	Metodos	Resultados	Comentarios
YoshikazuTanaka; Shigetokawashima; TakehideHama; Luis FernandoSánchez Sastre; KimihitoNakamura; YutakaOkumoto (2016) [26].	MITIGATION OF HEATING OF AN URBAN BUILDING ROOFTOP DURING HOT SUMMER BY A HYDROPONIC RICE SYSTEM	El sistema se instaló en la azotea de un edificio comercial en la gran ciudad de Osaka, Japón	el techo se dividió en dos áreas, una desnuda y la otra cubierta por el sistema hidropónico. En ambas áreas, se midieron factores térmicos, como la temperatura del aire, la temperatura de la superficie de la azotea y el flujo de calor conductor; a partir de los datos se calcularon tres índices de mitigación	el sistema hidropónico podría afectar el flujo de energía de dos maneras: las proporciones del flujo de calor sensible y el flujo de calor latente se ven afectadas principalmente por el enfriamiento por evaporación y la parte del flujo de calor conductor se ve afectada	Este artículo proporciona técnicas para la toma de temperatura en cuanto el entorno de un sistema hidropónico. Estas son necesarias puesto que uno de los objetivos es evaluar las capacidades termoaislantes del sistema hidropónico
MartíRufí-Salís; Milena J.Calvo; AnnaPetit-Boix; GaraVillalba; XavierGabarrell (2020) [27].	EXPLORING NUTRIENT RECOVERY FROM HYDROPONICS IN URBAN AGRICULTURE: AN ENVIRONMENTAL ASSESSMENT	Cultivo de tomate hidropónico realizado en un invernadero integrado en azotea (i-RTG), ubicado en el Área Metropolitana de Barcelona	El objetivo de este estudio es analizar la implementación potencial de tres alternativas de recuperación de nutrientes que promueven la reutilización para la hidroponía urbana, es decir, la recirculación directa de lixiviados (DLR), la precipitación química (CP) y la filtración por membrana (MF), y estudiar su impacto ambiental.	Todas las alternativas evitan los impactos de la eutrofización provocados por la descarga de nutrientes.	este documento propone tres métodos con los que podemos reutilizar la sustancia nutritiva, lo cual puede proporcionar un increíble beneficio en el sistema hidropónico

3.2. MARCO TEÓRICO

En este segmento se plasma la teoría que va a fundamentar el proyecto con base al planteamiento del problema que se ha realizado y de esta información se basa para el levantamiento del prototipo.

3.2.1 NATURALEZA DE LAS PLANTAS

Si una plántula es dejada en la oscuridad durante varios días e incluso semanas, se vuelve completamente distinta de otra de la misma especie, mantenida en condiciones normales. Su tallo se alarga, se adelgaza y se torna muy pálido, casi transparente; por otro lado, las hojas no se abren y no toman su habitual coloración verde. Una planta así se dice que está etiolada. La etiolación es un ejemplo evidente de que la luz afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas y particularmente su forma, proceso que se conoce como foto morfogénesis. Si a una planta acostumbrada a vivir a plena luz solar, se la mantiene ahora en condiciones de sombra, puede desarrollar un proceso de etiolación parcial [28].

La cantidad de horas de luz por día dependerá de factores como la latitud, la época del año en que nos encontremos y el tamaño de la estructura que pueda dar sombra. Aumentando las horas de luz se puede promover el crecimiento de las hojas y el ahijado de las gramíneas, así como aumentar la resistencia al stress causado por factores externos [29].

3.2.2 COMPORTAMIENTO POR ESTÍMULOS DE LAS PLANTAS

El tropismo es movimiento que realizan las plantas inducidas por estímulos ambientales, la dirección de estos movimientos depende de la dirección del estímulo [30]

Estos movimientos son los siguientes:

- **Fototropismo:** Se inclinan hacia la luz. De la forma como se aprecia en la Figura 1.

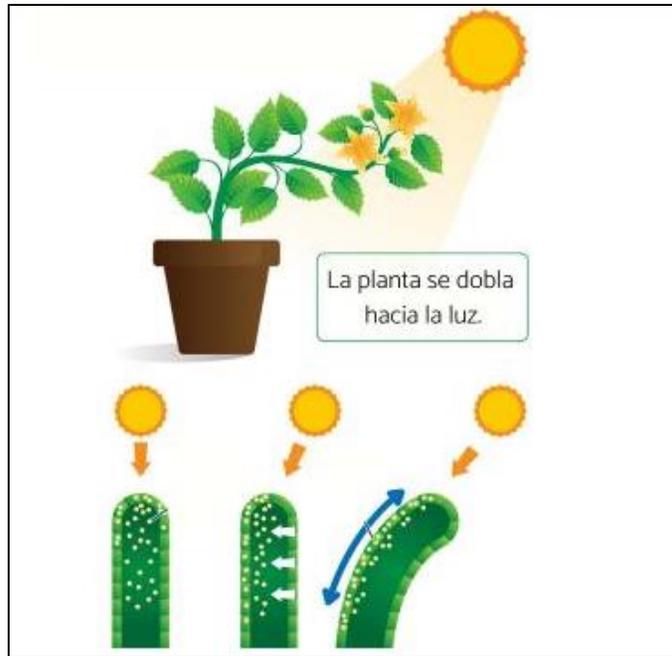


Figura 1 Fototropismo [30]

- **Gravitropismo:** Respuesta a la gravedad. Como se puede observar en la Figura 2.

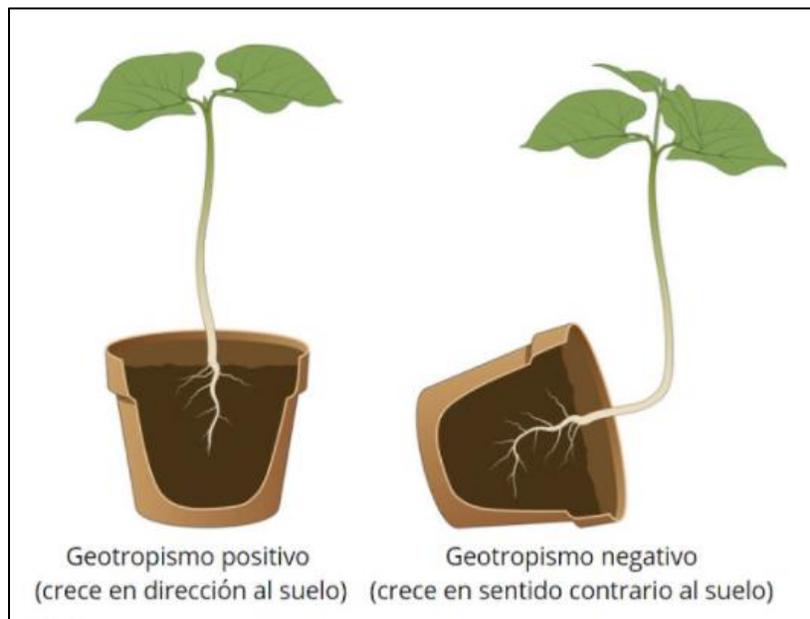


Figura 2 Gravitropismo [30]

-

- **Quimiotropismo:** Crecimiento en respuesta a ciertas sustancias. Se puede observar en la Figura 3.

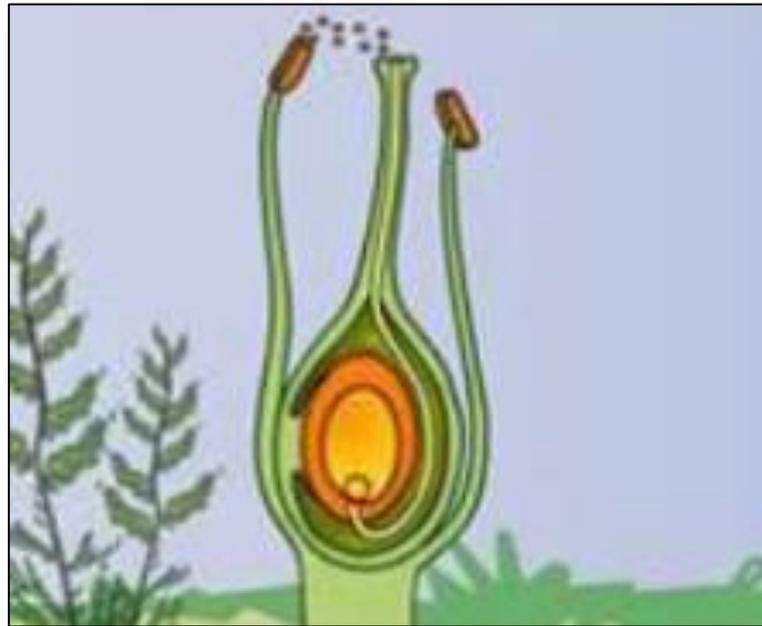


Figura 3 Quimiotropismo [28]

- **Hidrotropismo:** Respuesta a la cantidad de agua durante el día. Un ejemplo aparece en la Figura 4.

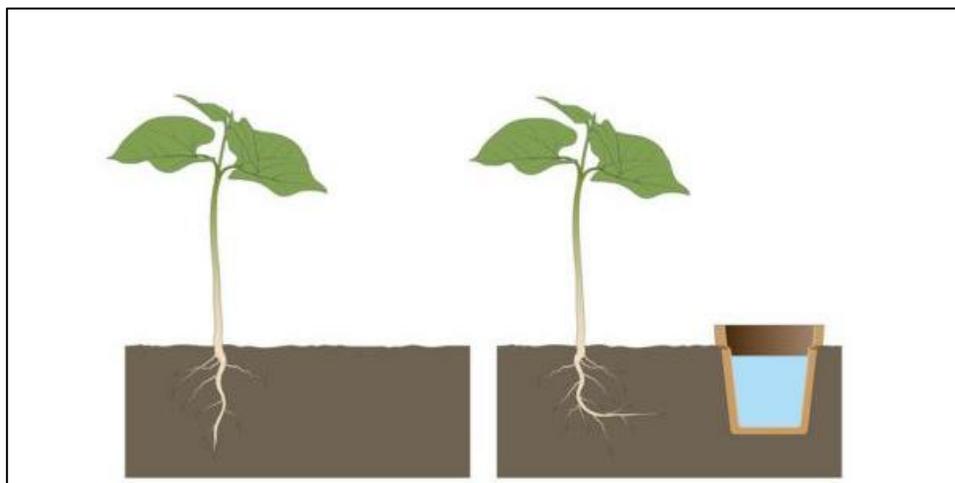


Figura 4 Hidrotropismo [30]

- **Tigmotropismo:** Crecimiento en respuesta a un estímulo mecánico. Como se observa en la Figura 5



Figura 5 Tigmotropismo [29]

3.2.3 PROCESO DE ABSORCION DEL AGUA

El suministro de agua por las raíces al tallo puede cambiar según la demanda, por ejemplo, en una planta que está transpirando activamente, la tensión ejercida en el tallo es grande y la resistencia hidráulica de la raíz es baja, y se facilita la absorción de agua con el aumento de la demanda. En cambio, en situaciones donde no se produce transpiración, por ejemplo, durante la noche y ante una resistencia hidráulica de la raíz elevada, el suministro de agua que asciende por el tallo será marcadamente menor [31].

Contrariamente a lo que ocurre en la raíz, en la xilema la resistencia al pasaje del agua es muy baja, dada la anatomía de este tejido. Las células conductoras de la xilema tienen una anatomía especializada que permite el transporte de grandes cantidades de agua con una gran eficiencia [32]. En la Figura 6 se puede observar las vías de absorción de agua en la raíz:

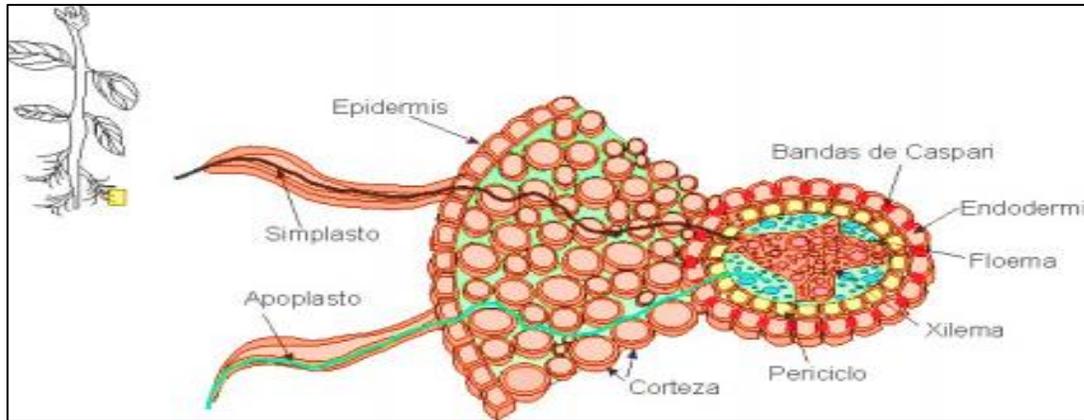


Figura 6 vías de absorción de agua en la raíz [32]

3.2.4 DINAMICA DE FLUIDOS

En un enfoque de dinámica de fluidos simplificado se acostumbra a considerar las siguientes cuatro características de un fluido ideal:

- flujo constante: lo cual implica que todas las partículas de un fluido tienen la misma velocidad al pasar por un punto dado.
- flujo irrotacional: lo que significa que un elemento de fluido (un volumen pequeño del fluido) no posee una velocidad angular neta; esto elimina la posibilidad de remolinos (El flujo no es turbulento).
- flujo incompresible: esto significa que la densidad del fluido es constante.
- flujo no viscoso, lo que implica que la viscosidad es insignificante. El término viscosidad se refiere a la fricción interna, o resistencia al flujo, de un fluido. (Por ejemplo, la miel es mucho más viscosa que el agua).

Una línea de Flujo es el trayecto de una partícula individual en un fluido en movimiento. En un flujo estable (constante), cada elemento que pasa por un punto dado sigue la misma línea de flujo. Las líneas de flujo que pasan por el borde de un elemento de área imaginario, forman un tubo llamado tubo de flujo. Una ilustración de esto se puede observar en la Figura 7 [33].

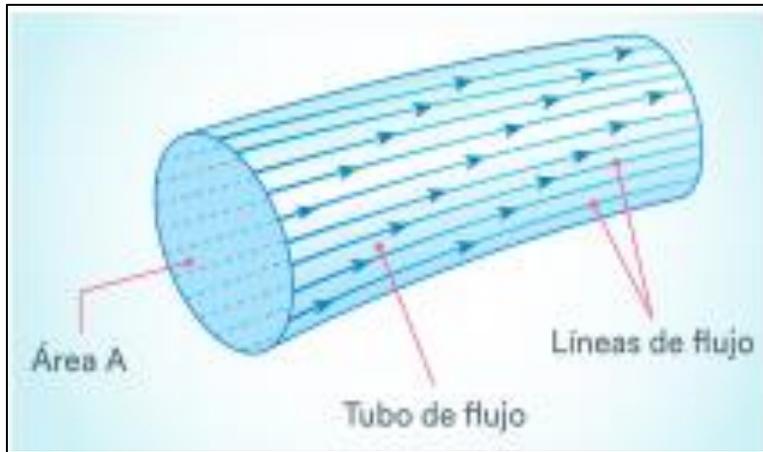


Figura 7 Líneas y tubos de flujo [33]

Si no hay pérdidas de fluido dentro de un tubo uniforme, la masa de fluido que entra es igual a la que sale en un tubo en un tiempo. En la Figura 8 se ve un claro ejemplo de la ecuación de continuidad de fluidos ideales [33].

3.2.5 DINAMICA DE FLUIDOS

Si no hay pérdidas de fluido dentro de un tubo uniforme, la masa de fluido que entra es igual a la que sale en un tubo en un tiempo [33]. En la Figura 8 se ve un claro ejemplo de la ecuación de continuidad de fluidos ideales.

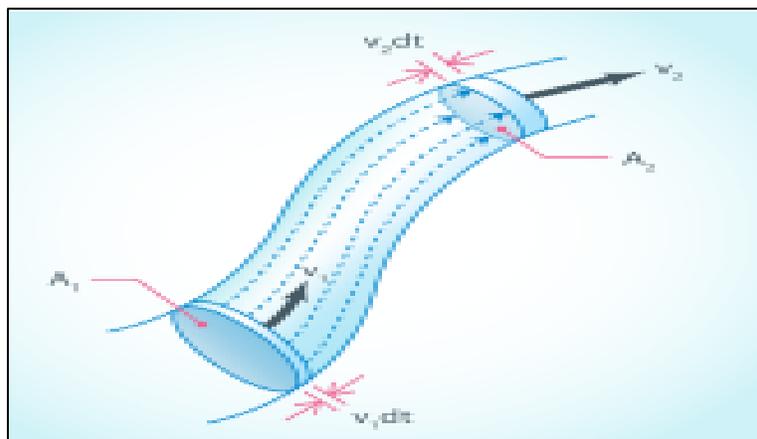


Figura 8 Ecuaciones de continuidad de flujos ideales [33]

3.2.6 DINAMICA DE FLUIDOS

En un flujo constante la aceleración no es cero, a pesar de que la aceleración es la tasa de cambio de la velocidad con el tiempo, y en un flujo constante no hay cambio a través del tiempo, un fluido como el agua se acelera través de una embocadura, es decir que no cambia con respecto al tiempo en una ubicación específica, pero puede cambiar en ,magnitud de un punto a otro, como sucede en una manguera común, en la cual la velocidad se mantiene constante en un punto específico, pero varía desde la entrada hasta la salida de la misma [34]. Las Figuras 9 y 10 son ilustraciones claras de ello.

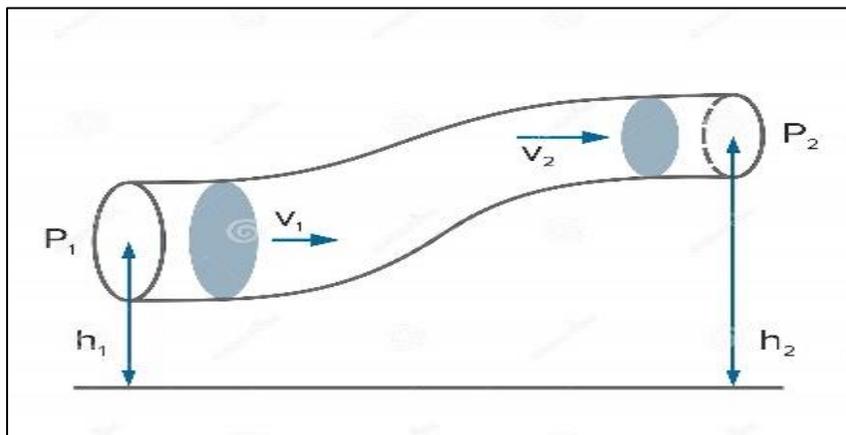


Figure 1: principio de bernoulli, ecuacion en dinamica de fluidos [34]

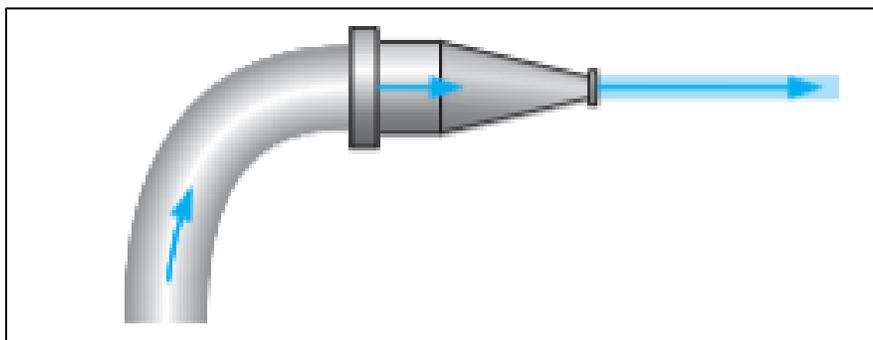


Figure 2: En un flujo constante, un fluido no puede tener aceleración en un punto, pero si en el espacio [33]

3.2.4 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

No se puede hablar de los sensores como componentes electrónicos básicos sin ver cómo se pueden adaptar a un sistema de adquisición y control. Por lo que se tendrán que ver las nuevas tecnologías de adaptación de estos sensores que como parte de una cadena de dispositivos forman un sistema [35].

El acondicionamiento de señal es un proceso por medio del cual se toma una onda de bajo nivel y es amplificada, sin incrementar los niveles de ruido. Ese instrumento convierte un tipo de señal eléctrica o mecánica (señal de entrada) en otro (señal de salida). El objetivo consiste en amplificar la señal y convertirla a otro formato fácil de leer y compatible con fines de adquisición de datos o de control de una máquina. [35] [36].

Un acondicionador de señal ayuda a obtener medidas precisas, como condición esencial para la exactitud de la adquisición de datos o del control de máquinas. Este tipo de instrumentos son capaces de efectuar otras funciones adicionales. En la Figura 11 se muestra un diagrama de procesamiento de señal [35].

El acondicionamiento de señal normalmente se realiza por medio de amplificadores operacionales o algunas de sus variantes como los de instrumentación, estos adaptadores, como acondicionadores de señal, son los amplificadores operacionales en sus diferentes estructuras de montaje, pasando por filtros o por procesadores analógicos, convirtiendo estas señales de analógico a digital para posteriormente ser procesados los datos con un DSP o sistema embebido y actuando por medio de las salidas lógicas del procesador o por medio de un convertidor digital a analógico [36].

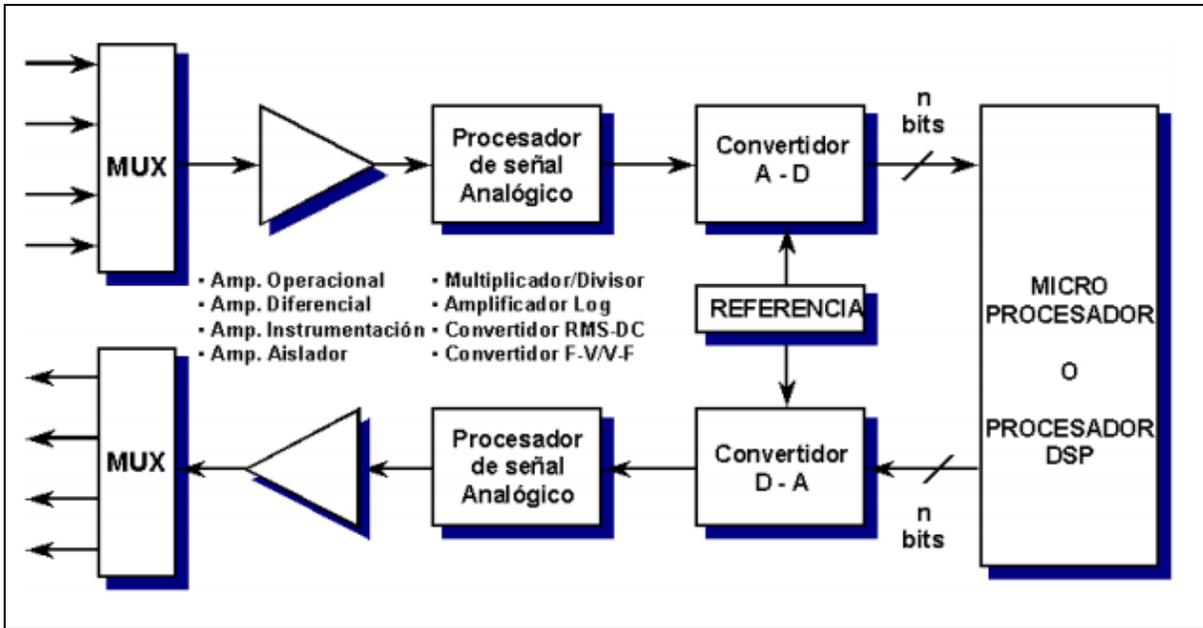


Figura11 Diagrama de procesamiento de señal [35]

4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

4.1. METODOLOGÍA

En términos generales se puede afirmar que los dos (2) métodos de investigación que abarcan en este proyecto son:

- Método analítico
- Método sistémico

Dentro del análisis de información adquirida se establece metodologías con el fin de alcanzar las metas de un proyecto o documento de investigación. De este modo se implementa el método analítico es útil para distinguir los elementos físicos y químicos que comprenden el funcionamiento de un sistema hidropónico, y las propiedades termoaislantes existentes en él. El método sistémico permite reconocer los elementos que contienen uno o más objetivos en común. En el caso del cultivo hidropónico es útil para determinar el área de cada aplicación que se integra en conjunto para el levantamiento del cultivo [37].

Uno de las principales razones (no plasmado como objetivo) es estudiar como los individuos se sienten al compartir una sala con el sistema hidropónico, por ende, lo que denominaríamos como muestra serian aquellos individuos cerca del sistema hidropónica, la población tomada son los habitantes de la residencia en donde se levantó el dispositivo.

4.2. TIPO DE ESTUDIO

En cuanto al tipo de investigación que se ejerce en la ejecución de este trabajo de grado concierne a la investigación aplicada, la cual se basa en la aplicación y utilización de conocimientos adquiridos con el fin resolver problemas. De este modo es posible el levantamiento del sistema hidropónico puesto que, toda la información obtenida permite proyectar los pasos necesarios para el levantamiento del sistema, además se obtendrán datos/variables las cuales serán analizadas y estudiadas concluir con nuestros objetivos propuestos [38].

4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO

A continuación, se contempla el cronograma de trabajo, las actividades que se realizaron a la hora de la creación del prototipo y el tiempo aproximado que se llevó en cada una de estas.

Tabla 2. Presupuesto general.

 Universidad Autónoma del Caribe Proyecto de Grado - Ingeniería Mecatrónica CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 				
Nombre del Proyecto	Prototipo de cultivo hidropónico automatizado para el incremento de zonas verdes	Fecha Inicio	Fecha Final	Duración (Días)
Planeación del Proyecto	Después de realizar las investigaciones pertinentes, se establecerán los materiales y requerimientos con el fin de levantar el sistema hidropónico	9-dic	10-dic	1
Ingresar las fases de Opción de	ANEXO OPCION DE GRADO 1			
OBJETIVO 1	Analizar el entorno de las plantas con respecto a los sistemas hidropónicos verticales para el levantamiento de los requerimientos.			
Entregable # 1	Estudio y reconocimiento del campo de la hidroponía	10/12/2020	18/12/2020	8 días%
Actividad 1	Salida de campo	10/12/2020	15/12/2020	4%
Tarea1	Visitar un vivero o local encargado en la venta o manipulación de plantas	10/12/2020	12/12/2020	2%
Tarea2	Determinar características físicas de las plantas	12/12/2020	14/12/2020	2%
Tarea3	Observar en donde sea posible ver diferentes ejemplares de plantas	14/12/2020	15/12/2020	1%
Actividad 2	Consultar con expertos	16/12/2020	18/12/2020	2%
Tarea1	dialogar con profesionales en el área para recibir consejos y críticas con respecto a este proyecto	16/12/2020	18/12/2020	2%
Entregable # 2:	Establecer lista de requerimientos	20/12/2020	22/12/2020	2%
Actividad 3	Selección de plantas a usar	20/12/2020	21/12/2020	1%
Tarea1	Comparar los tipos de plantas	20/12/2020	21/12/2020	1%
Tarea2	Definir tipos de plantas que son de mayor conveniencia	20/12/2020	21/12/2020	1%
Actividad 4	Comparación de las tecnologías más viables a implementar	22/12/2020	22/12/2020	1%
Tarea1	Comparación de las tecnologías y selección de estas	22/12/2020	22/12/2020	1%
OBJETIVO 2	Diseñar la estructura requerida el levantamiento el sistema hidropónico	2/01/2020	24/02/2020	49%
Entregable # 3	Diseño y selección de materiales del prototipo	2/01/2021	10/01/2021	8%
Actividad 5	Diseño y selección	2/01/2021	10/01/2021	8%
Tarea1	Boceto a mano alzada y lluvia de ideas	2/01/2021	4/01/2021	2%
Tarea2	Selección de materiales apropiados	4/01/2021	5/01/2021	1%
Tarea3	Diseño en herramienta CAD	6/01/2021	10/01/2021	4%
Entregable # 4	Levantamiento físico del prototipo	12/01/2021	24/02/2021	41%
Actividad 6	Adquisición de materiales y elementos a usar	12/01/2021	20/01/2021	8%
Tarea1	Estudio de mercado de materiales y elementos	12/01/2021	13/01/2021	1%
Tarea2	Compra de materiales	13/01/2021	20/01/2021	7%
Actividad 7	Contrucción del prototipo en físico	21/01/2021	24/01/2021	33%
Tarea1	Selección de zona donde se implementará	21/01/2021	23/01/2021	2%
Tarea2	Elaboración del prototipo	24/01/2021	24/02/2021	31%
OBJETIVO 3	Implementar un sistema de control para suplir las necesidades de las plantas durante su proceso de crecimiento.	25/02/2020	20/03/2021	23%
Entregable # 5	Implementación del sistema de control	25/02/2020	13/03/2021	14%
Actividad 8	Integración de componentes	25/02/2020	13/03/2021	14%
Tarea1	Conectar el sistema de control con el prototipo	25/02/2021	27/02/2021	2%
Tarea2	Programación del sistema de control	28/02/2021	9/03/2021	9%
Tarea3	Calibración de componentes del sistema	10/01/1900	13/03/2021	3%
Entregable # 6	Pruebas del sistema de control	14/03/2021	20/03/2021	6%
Actividad 9	Pruebas de riego e iluminación	14/03/2021	16/03/2021	2%
Tarea1	Probar el sistema de riego automatizado del prototipo	16/03/2021	17/03/2021	1%
Tarea2	Testeo del sistema de iluminación automatizado del prototipo	17/03/2021	18/03/2021	1%
Actividad 10	Evaluación del entorno	19/03/2021	20/03/2021	1%
Tarea1	Determinar que el espacio sea apropiado para el prototipo	19/03/2021	20/03/2021	1%

Tabla 3 Tabla 1:Cronograma de trabajo

5. PRESUPUESTO

En esta sección se aprecian todos los gastos que se tuvieron en cuenta a la hora de la realización de todo el proyecto en general, en este se ven gastos en materiales, equipos, insumos, consultorías especializadas, entre otras cosas.

5.1. PRESUPUESTO GENERAL

En esta sesión se encuentra plasmado los gastos que conllevó el levantamiento del proyecto, aspectos importantes los costos del personal de apoyo, materiales e insumos y los gastos que conllevó realizar la salida de campo.

Tabla 4. Presupuesto general.

	FORMATO DE PRESUPUESTO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CONVOCATORIAS INTERNAS				GI-02-PR-03-F02
					Versión 1
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
RUBROS	Fuentes de Financiamiento				Total
	Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Otras fuentes Externas	Contrapartida UAC	
1. Personal Científico	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 5,973,248	\$ 5,973,248
2. Personal de Apoyo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$571,136	\$ 571,136
3. Consultaría especializada y Servicios Técnicos externos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
4. Materiales e Insumos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 833.750	\$ 0,00	\$ 833,750
5. Trabajo de Campo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
6. Equipos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
7. Bibliografía	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
8. Material de difusión y Promoción de resultados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0

TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYECTO	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 7,378.134
--	---------	---------	---------	---------	---------------------

5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO

El presupuesto invertido en este rubro consiste en el costo del tiempo empleado por el personal de investigación vinculados a este proyecto, que incluye a los directores y a los auxiliares de investigación.

Tabla 5. Costo personal científico

1. PERSONAL CIENTÍFICO										
Nombres y Apellidos	Tipo de Contrato	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Saúl Antonio Pérez Pérez	Titular	Investigador Principal	\$ 46,666.00	4	16				\$ 2,986,624	\$ 2,986,624
2. Mauricio Barrios Barrios	Asociado	Co-Investigador	\$ 46,666.00	4	16				\$ 2,986,624	\$ 2,986,624
	N/A									
4. Utilizar en caso de no ser Docente de Planta de la UAC	N/A									
<i>SUB-TOTAL</i>										\$ 5,973,248

Tabla 6. Costo personal de apoyo.

2. PERSONAL DE APOYO								
Nombres y Apellidos	Tipo de Vinculación	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento		
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	SUB-TOTAL
1. Diego Alejandro Chaparro Álvarez	Practicante	Auxiliar de Investigación	2231	8	16	\$ 285,568		\$ 285,568
2. Juan David González Betancur	Practicante	Auxiliar de Investigación	2231	8	16	\$ 285,568		\$ 285,568
3.	N/A							
4.	N/A							
<i>SUB-TOTAL</i>								\$ 571,136

5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA

No fueron necesarios gastos en esta sección

5.4. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

El presupuesto dedicado a esta sección incluye a los gastos aproximados que se llevaron en los materiales, insumos y equipos utilizados en el desarrollo que conllevó

el levantamiento del sistema de cultivo hidropónico, en la Tabla 4 se puede apreciar los componentes con sus respectivos costos.

Tabla 4. Costo materiales e insumos.

4. MATERIALES E INSUMOS					
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento			
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Bomba de agua					105.900
2. Timer					79.800
3. Sensor de conductividad					81.000
4. Sensor de Ph					104.450
5. Sensor de temperatura y humedad					7.500
6. Termocupla					20.600
7. Luz led In door					140.000
8. Base de madera					150.000
9. Arduino UNO					28.500
10. Pantalla LCD					26.000
11. Plantas					84.000
12. Sensor LM35					6.000
<i>SUB-TOTAL</i>					833.750

La tabla 5 presenta los gastos obtenidos en las tres salidas de campo, cada salida fue realizada en diferentes viveros de la ciudad de Barranquilla en días distintos, todo estos con el fin de recopilar datos acerca del cuidado de las plantas.

Tabla 5. Costo trabajo de campo.

5. TRABAJO DE CAMPO									
Descripción	Justificación	No. De días	No. De personas	Costo/día de estadía por persona	Transporte por persona (ida/vuelta)	Fuentes de Financiamiento			
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL

Visita a viveros	Recolección de datos para el cuidado de las plantas	3	2		3	\$ 0			59.000
		21					\$ 0		\$ 0
								\$ 0	\$ 0
SUB-TOTAL						\$ 0	\$	\$ 0	\$59.000

La Tabla 7 presenta el gasto de equipos utilizados en el proyecto. Durante el desarrollo del prototipo fue necesario la utilización de ordenadores, a pesar de ya contar con estos antes del levantamiento del prototipo y el documento, consideramos necesario plasmar el gasto de los dos computadores.

Tabla 7. Costo equipos usados

6. EQUIPOS						
Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento			
			Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
			1. Ordenadores	Investigación y programación	2	
2.						\$ 0
3.						\$ 0
4.						\$ 0
5.						\$ 0
SUB-TOTAL			\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$4.000.00

6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO

Inicialmente se planteó una idea de cómo podría ser el dispositivo final antes del levantamiento de este, la cual fue plasmada en la Figura 12, en este diseño piloto es posible apreciar las luces indoor en la parte superior, se aprecian componentes

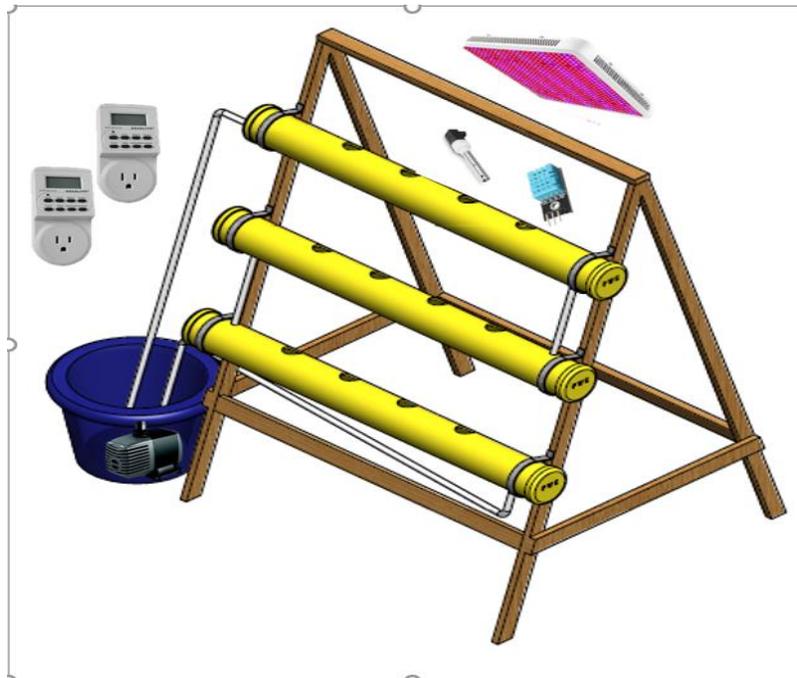


Figura 13 Diseño del prototipo final

6.2. DISEÑO DISPOSITIVO FINAL

La materialización del sistema hidropónico se basó en la elaboración de una estructura de madera de pino, esta estructura no es plegable a pesar de poseer parentesco con las tijeras de maderas comunes. Esta base contiene tres tubos de cuatro pulgadas inclinados adecuadamente para que la solución nutritiva pueda trasladarse por estos (de no realizar la inclinación adecuada podrá afectar el proceso de obtención de nutrientes de la plántula, en especial si la planta se encuentra en una de las esquinas del tubo PVC). Estos tubos poseen conectores de PVC para el paso del líquido nutritivo en el sistema. La solución nutritiva parte de un contenedor plástico en el que se encuentra sumergido una motobomba encargada de elevar el líquido hidropónico al sistema. El sistema cuenta con dos temporizadores: uno para mantener encendido la motobomba durante once

horas, y otro para el control del panel de la luz indoor el cual se mantiene encendido durante 8 horas

Cuenta con una pantalla LCD el cual imprime valores de temperatura, humedad y conductividad, teniendo como controlador un Arduino UNO alimentado a corriente.

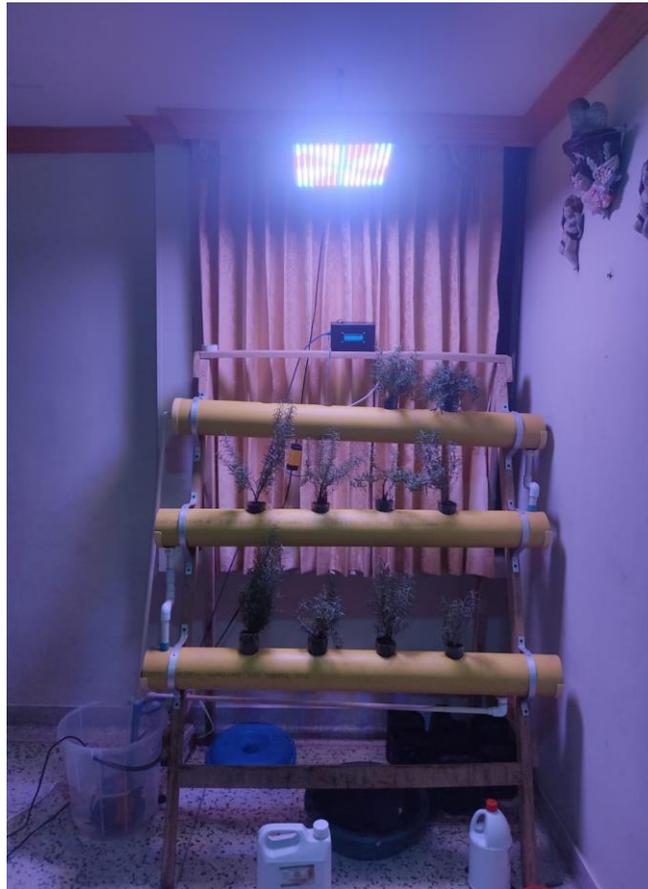


Figura 14 Dispositivo en vista frontal



Figura 15 Dispositivo en vista lateral

6.2.1. Dimensiones del dispositivo

- A: Alto
- B: Ancho de la base
- C: Largo del tubo
- D: Ancho del tubo
- E: Diámetro de los orificios en los tubos
- F: Tubos de conexión
- G: Inclinación de los tubos
- N: Distancia entre huecos de los tubos
- I: Distancia entre tubo y tubo

Tabla 8. Dimensiones del dispositivo

A	1.50 m
B	1.10 m

C	1.20 m
D	4 pulgadas
E	5 cm
F	½ pulgada
G	3 %
H	20 cm
I	40 cm

6.3. MATERIALES

6.3.1. Controlador

La placa ARDUINO, esta cuenta con una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla. Puede ser muy útil en el proyecto en la parte de programación permitiendo el cumplimiento de los requerimientos de la parte automatizada [38].

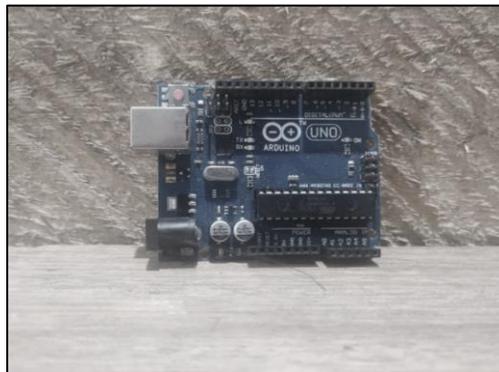


Figura 16 ARDUINO UNO

6.3.2. Bomba sumergible

La función básica de toda bomba sumergible es la de transportar un fluido. De ahí se sigue que las características de funcionamiento y los medios de acción sobre el

fluido deben de estar estrechamente relacionados con las características del fluido en cuestión. La inmensa mayoría de las aplicaciones de las bombas es bombear fluidos de ahí la distinción entre bombeo de gases y líquidos. Por definición ambos son fluidos con las mismas características que afectan al bombeo. Este dispositivo será muy útil con respecto a la parte del riego ya que podrá elevar fluido y distribuir el líquido para cada planta [39].



Figura 17 Bomba sumergible AQUAMAX

6.3.3. Sensores

Los sensores captan el valor de la variable de proceso y envían una señal de salida predeterminada. El sensor puede formar parte de otro instrumento o separado [40] Para el correcto funcionamiento de un sistema hidropónico requiere la participación de los siguientes sensores:

Sensor de pH: es capaz de medir la acidez o la alcalinidad de una solución, también llamado de pH. El pH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14. Las informaciones cuantitativas dadas por el valor del pH expresan el grado de acidez de un ácido o de una base en términos de la actividad de los iones de hidrógeno. La información dada por este sensor será procesada y analizada para tomar las respectivas medidas en la programación y que el sistema realice lo ordenado. Este dispositivo permitirá la medición del líquido nutritivo hidropónico, la referencia Dfrobot Sen0161 tiene especificaciones favorables ya requiere 5v de alimentación, cuento con un

tamaño no muy espacioso (43x32mm) y presentar versatilidad con respecto a las placas controladoras, ya que se puede utilizar en ARDUINO [41]



Figura 18 Sensor de pH CrystalLiquid/Arduino Gen

El sensor de humedad: se usa siempre que sea necesario detectar la humedad del aire. El sensor de humedad se usa por ejemplo junto con un regulador para obtener una humedad constante en un laboratorio. Este dispositivo se usa cada vez más en el sector de la técnica de calefacción, ventilación y climatización, así como en los procesos de producción que requieren un control de la humedad

Gracias a este componente se puede evaluar la humedad del cultivo hidropónico y corroborar si esta mantiene el sistema contiene una humedad óptima [41].

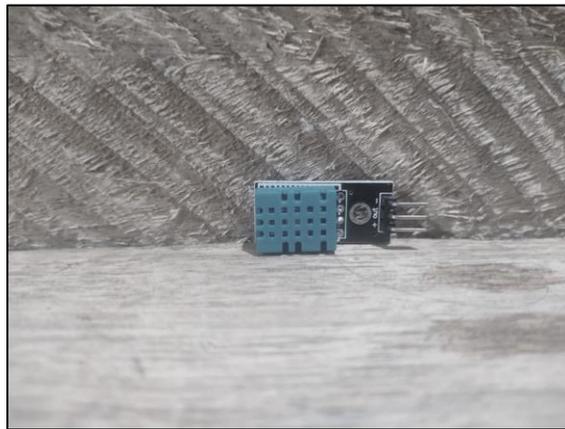


Figura 19 Sensor DHT11/ARDUINO

Sensor de conductividad: este dispositivo se utiliza para medir la conductividad en una solución o concentración total de iones en muestras acuosas, su medición se realiza de forma directa mediante el transporte de la carga entre dos electrodos inmersos en el medio [41]. En cuanto su necesidad en el proyecto, pues es

necesario para evaluar el comportamiento de los electrolitos que se encuentran en la sustancia nutritiva hidropónica [41].



Figura 20 Sensor de conductividad CrystallLiquid/Arduino Gen

6.3.4. Luces Indoor

Las luces artificiales son necesarias para estimular positivamente el proceso de fotosíntesis en las plantas pertenecientes a un cultivo en interiores. La iluminación LED ha ganado peso en este campo debido a que estos pueden ser configurados con respecto a su intensidad. El cultivo hidropónico al ser levantado dentro de una habitación/edificación debe contar con este sistema de iluminaciones artificiales con el fin de suplir sus necesidades para el de la planta [43]



Figura 21 Luces Indoor Full Spectrum LED

6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para las pruebas del dispositivo se tomaron evidencias de las plantas antes de ser puestas en el dispositivo y una semana después de ser puestas en este, y se comparó los cambios que habían tenido, si el dispositivo estaba funcionando o si por el contrario no estaba cumpliendo con sus objetivos.

La toma la recolección de datos para comprobar las características termoaislantes se midió la temperatura en la habitación por una semana antes y después de colocar las plantas en el dispositivo entre las 12 y la 1 de la tarde, horas en las que el sol golpeaba con más intensidad el cuarto.



Figure 22 Plantas antes de ser instaladas en el dispositivo

6.4.1. MUESTRA POBLACIONAL

La población serán las personas que viven en la residencia donde se instalará el dispositivo, este lugar cuenta con una que una alta incidencia de transferencia de calor con los rayos solares y que afecta el confort de una vivienda o habitación del barrio Olaya en la ciudad de Barranquilla.

La muestra será representativa y significativa, tomadas a la temperatura, humedad y una encuesta de confort a los habitantes del sitio en el cual se coloque el dispositivo. Una muestra será realizada antes de poner el dispositivo y la otra será después de colocar el dispositivo.

6.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Primeramente, para tener todos los requerimientos necesarios para poder implementar el sistema hidropónico se tuvo que visitar viveros ubicados en la ciudad de barranquilla esto con el fin de conocer más acerca de las plantas y de los cuidados que se le debían dar para evitar que estas se murieran al poco tiempo de haber sido instaladas en el dispositivo.

Sabiendo esto se pasó a crear la estructura la cual se buscó que fuera lo más óptima posible para que el agua fluyera a todas las plantas sin problemas y que la luz pudiera cubrir a cada una de estas sin excepciones. Ya teniendo todo esto y con las investigaciones realizadas previamente se implementó un sistema automatizado en el cual el dispositivo fuera capaz con la menor ayuda humana posible suministrar luz y agua a las plantas.

Por último, con el dispositivo terminado se realizaron pruebas de temperatura en el ambiente con el fin de demostrar las características termoaislantes del dispositivo, sin embargo, los resultados obtenidos no dieron resultados certeros para afirmar o negar dichas características.

6.5.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO

Las pruebas realizadas por el prototipo fueron: i) las pruebas de riego y ii) las de iluminación, y iii) de codificación.

En las pruebas de riego se buscó que la bomba enviara el agua a cada una de las plantas, a pesar de que esto no estaba sucediendo al principio debido a desniveles en los tubos, estos errores se corrigieron y el líquido logró fluir por todo el dispositivo como se tenía planeado en un principio.

Con las pruebas de iluminación lo que se buscó es que el lugar donde iban a ser ubicadas las luces fuera el más óptimo y lograra llegarles a todas las plantas, y gracias a que el panel era lo suficientemente grande podía llegar a todas las plantas sin problema.

Por último, ya después de haber dejado el riego y la iluminación funcionando solo faltaba codificarlos de tal modo que no necesitaran de la ayuda de una persona que esté pendiente de encenderlos y apagarlos, así que se codificaron a un temporizador que se encarga de enviarles una señal para que estos automáticamente se enciendan y se apaguen a la hora indicada.

6.5.2. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL

Para el dispositivo final se realizaron 2 pruebas: la primera de funcionalidad y la segunda para conocer sus características termoaislantes.

En la prueba de funcionalidad se probó si el dispositivo podía suplir las necesidades de las plantas en su proceso de crecimiento sin ayuda de que una persona esté constantemente pendiente de ellas, gracias a un sistema automatizado que se encargue de eso; Los resultados fueron exitosos, ya que después de una semana realizando las pruebas las plantas no mostraron ningún deterioro y por el contrario parecían estar progresando con normalidad su crecimiento.

Pasando a la prueba para conocer si el dispositivo podría traer consigo características termoaislantes para una habitación en la que pegaba el sol, se tomó la temperatura diariamente por una hora durante una semana antes y después de haber puesto las plantas en el prototipo; los resultados en estas pruebas al sacarles la media del antes y el después se logró notar una disminución de 1°C de temperatura, sin embargo al realizarle pruebas de muestras independientes se observó que no hay una diferencia significativa, lo que quiere decir que a pesar de la diferencia de temperatura esta pudo deberse al azar.

6.6. MANUAL DE USUARIO

Este dispositivo cuenta con 12 ranuras u orificios disponibles la plantación de doce plantas, una base de madera la cual sostiene estas. Para instalar la planta se requiere implementar bases plásticas para colocar la plántula, estas bases se insertan en los agujeros de los tubos PVC. Antes de instalar las plantas se requiere la elaboración de la sustancia nutritiva, su preparación consiste en agregar cuatro (4) cc de líquido hidropónico por litro de agua. El líquido debe cambiarse semanalmente.



Figura 22 Líquido nutritivo



Figure 23 Líquido nutritivo

Para establecer el periodo de tiempo en el que la motobomba realizará el proceso de riego y las luces In door es requerida la programación de dos temporizadores.

Para el temporizador de riego se es necesario un rango de tiempo de veinte minutos ya que por la morfología del sistema de los tubos y sus conectores el líquido hidropónico logra almacenarse en los tubos en donde las plantas podrán nutrirse de manera eficiente. La programación del temporizador de Luz requiere mantenerse activo durante ocho horas.

Para programar los temporizadores se deben estimular conectándolos a corriente, después de unos cinco minutos lo desconectamos e iniciamos con su programación, Presionando los botones Clock + Hour ajustamos la hora en tiempo real, después presionando Clock + Minute ajustamos los minutos en tiempo real; posteriormente presionamos el botón Week con el cual configuramos que días serán los que el sistema de riego y luz funcionaran (En este caso debe ser todos los días). Para ajustar los intervalos de activación presionamos la tecla Timer en donde se establecerá la hora de encendido y de apagado (On y Off).



Figura 24 Panel LED Indoor Full Spectrum LED



Figure 25 Contenedor con líquido hidropónico y su respectiva motobomba



Figura 26 Temporizador digital de 10 configuraciones/ EXCELITE/ TUE-2A

En la parte superior de la estructura se aprecia el sistema de control, un display LCD imprimirá los datos en tiempo real del cultivo hidropónico, este sistema estará alimentado con corriente, datos como temperatura, conductividad, Ph, humedad serán impresos y mostrados al usuario.

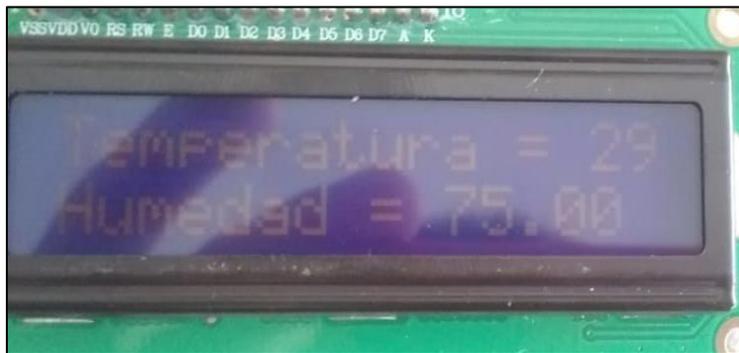


Figura 26 Pantalla LCD 16x2/ARDUINO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El tema principal que dio inicio a toda la investigación y la creación del dispositivo fue la disminución de las áreas verdes que se ha venido presentando a nivel mundial debido en gran parte al incremento de las áreas urbanas, con base a esto se pensó en combinar ambos para lograr un incremento tanto de zonas verdes como urbanas, la idea a la que se llegó fue un dispositivo hidropónico que proporcione agua y luz de forma automática en el cual se puedan realizar plantaciones pequeñas en espacios donde la luz solar no llega directamente y probar si este dispositivo podía disminuir la sensación térmica producida por el sol en el sitio donde se ubique el prototipo. Después de realizadas las pruebas se llegó a la conclusión de que el proyecto logró cumplir con los objetivos propuestos consiguiendo suplir las necesidades de la plantas para su crecimiento de tal forma que estas puedan permanecer instaladas en el sistema con la mínima intervención de una persona, El usuario en cuestión solo debe encargarse de ajustar los tiempos de riego e iluminación, y cambiar periódicamente la solución nutritiva según el tipo de planta que vaya a utilizar, además de que el prototipo no presenta un tamaño tan espacioso y puede ser implementado en casas o apartamentos de tal forma que se puedan aumentar las áreas verdes en las zonas urbanas. La instalación de este dispositivo culminó con un gasto de \$833.000 pesos colombianos (\$225.26 dólares americanos), por lo que su gasto no es elevado.

Con respecto a las propiedades termoaislantes, al sacar la media de los datos antes y después haber puesto el dispositivo se logró notar que disminuyó el calor aproximadamente en 1°C, sin embargo, al realizar las pruebas de muestras independientes se obtuvo que no hay una diferencia significativa lo que quiere decir que estas diferencias puedan deberse al azar. Se recomienda realizar más estudios tomando en cuenta distintas variables como lo son el clima, las estaciones, la cantidad de tiempo de la toma de muestras, entre otros, esto con el fin de demostrar dichas características para mitigar la sensación térmica en espacios cerrados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] RAE, «planta | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE,» RAE, [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/planta>. [Último acceso: 5 Mayo 2021].
- [2] RAE, «hidroponía | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE,» RAE, [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/hidropon%C3%ADa>. [Último acceso: 5 Mayo 2021].
- [3] RAE, «automatizar | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE,» RAE, [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/automatizar>. [Último acceso: 5 Mayo 2021].
- [4] RAE, «sustrato | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE,» RAE, [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/sustrato>. [Último acceso: 5 Mayo 2021].
- [5] I. S.C., «Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo |,» Intagri S.C., [En línea]. Available: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo#:~:text=La%20soluci%C3%B3n%20nutritiva%20es%20el,cultivos%20en%20hidropon%C3%ADa%20y%20sustratos..> [Último acceso: 5 Mayo 2021].
- [6] «sensor | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE,» [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/sensor>. [Último acceso: 5 Mayo 2021].
- [7] A. Simon, « AREAS VERDES: ¿SUFICIENTES EN UN MUNDO CADA VEZ MAS GRIS?,» United Explanations, 21 10 2016. [En línea]. Available: <https://www.unitedexplanations.org/2016/10/21/urbanismo-verde/>. [Último acceso: 08 10 2020].
- [8] *Medellín requiere más zonas verdes*, Medellín: Universidad Nacional, 2009.
- [9] N. Palou, «Si las ciudades aumentan sus espacios verdes evitarán cientos de muertes prematuras,» *LA VANGUARDIA*, 24 04 2020.
- [10] W. J. M. S. R. & J. E. K. Martens, «El cambio climático, la salud humana y el desarrollo sostenible.,» *Revista Panamericana de Salud Pública*, pp. 105-115, 1998.
- [11] A. Cerrillo, «Las áreas verdes mejoran el bienestar, pero pocas ciudades resaltan este valor,» *LA VANGUARDIA*, 02 08 2011.
- [12] M. d. C. Meza Aguilar y J. O. Moncada Maya, «LAS ÁREAS VERDES DE LA CIUDAD DE MÉXICO. UN RETO ACTUAL,» *Scripta Nova*, vol. 14, nº 331, p. 56, 2010.
- [13] Agencia de Noticias UN, «Suba ha perdido 56% de zonas verdes por urbanización,» Universidad Nacional de Colombia, 21 Febrero 2018. [En línea]. Available:

<https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/suba-ha-perdido-56-de-zonas-verdes-por-urbanizacion.html>. [Último acceso: 3 Enero 2021].

- [14] L. J. y. N. Mendoza, «Medidores de calidad de aire en Barranquilla son insuficientes,» 15 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.elheraldo.co/barranquilla/medidores-de-calidad-de-aire-en-barranquilla-son-insuficientes-657796>. [Último acceso: 3 Septiembre 2020].
- [15] C. S. De Kaijzer, «Espacios verdes: un recurso para la salud mental,» Instituto de salud global de Barcelona, 8 Enero 2020 | . [En línea]. Available: <https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/espacios-verdes-un-recurso-para-la-salud-mental/6113078/0#:~:text=Una%20creciente%20base%20de%20evidencia,significativo%20para%20la%20salud%20p%C3%ABlica..> [Último acceso: 3 Junio 2021].
- [16] Campo de Gibraltar, Naturaleza, «Resaltamos la importancia de las zonas verdes en la ciudad,» Ecologistas en acción, 27 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.ecologistasenaccion.org/159628/resaltamos-la-importancia-de-las-zonas-verdes-en-la-ciudad/>. [Último acceso: 3 Junio 2021].
- [17] M. S. S. S. T. R. J. V. M. Mehra, «IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks,» *Computers and Electronics in Agriculture*, Vols. %1 de %2473 - 486, p. 155, 2018.
- [18] V. Z. A. G. K. Palande, «Fully Automated Hydroponic System for Indoor Plant Growth,» de *Procedia Computer Science*, 2018.
- [19] D. S. D. D. S. C. C. A. N. S. L. Domingues, «Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production,» *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 84, pp. 53-61, 2012.
- [20] M. I. D. C. A. E. M. D. J. D. A. F. R. M. S. Alipio, «On the design of Nutrient Film Technique hydroponics farm for smart agriculture,» *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, vol. 12, nº 3, pp. 315-324, 2019.
- [21] M. A. M. B. n. S. B. n. S. Hooshmand, *The effect of deficit irrigation on yield and yield components of greenhouse tomato (Solanum lycopersicum) in hydroponic culture in Ahvaz region, Iran*, Elsevier B.V., 2019.
- [22] J. C. G. M. D. R. J. J. C. D. Carlos, «SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO CON FUNCIONES DE MONITOREO PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS BASADO EN EL MÉTODO DE BANDEJA DE DEMANDA IRRIGATION CONTROL SYSTEM WITH MONITORING FUNCTIONS FOR HYDROPONIC CROPS BASED ON THE DEMAND TRAY METHOD,» 2018.
- [23] M. Griffiths, «THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A HYDROPONICS CONTROL SYSTEM,» Oulu University of applied science, 2014.

- [24] Y. L. W. Y. F. O. D. W. Su, «Increasing effectiveness of urban rooftop farming through reflector-assisted double-layer hydroponic production,» *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 54, nº 1, pp. 126-766, 2020.
- [25] M. I. K. M. M. Y. D. Hikashi, «Control of viscosity in different concentrations and temperatures of nutrient solution for hydroponic system,» 2013.
- [26] Y. K. S. H. T. S. S. L. F. N. K. O. Y. Tanaka, «Mitigation of heating of an urban building rooftop during hot summer by a hydroponic rice system,» *Building and Environment*, vol. 96, pp. 217-227, 2016.
- [27] M. C. M. J. P.-B. A. V. G. G. X. Rufi-Salís, «Exploring nutrient recovery from hydroponics in urban agriculture: An environmental assessment,» *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 155, pp. 104-683, 2020.
- [28] «Rol del factor luz en el crecimiento de las plantas - Tiloom,» Tiloom, 4 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.tiloom.com/rol-del-factor-luz-en-el-crecimiento-de-las-plantas/#:~:text=La%20luz%20juega%20un%20papel,y%20desarrollo%20de%20las%20plantas.&text=Generalmente%2C%20mayor%20cantidad%20de%20luz,fotos%3%ADntesis%20alcanza%20un%20punto%20m%C3%A1xim>. [Último acceso: 2020 Octubre 22].
- [29] E. J. Moreno, «Crecimiento y desarrollo de plantas,» *El mundo de la Biología*, 2013.
- [30] «TROPISMO: qué es, tipos y ejemplos - Resumen,» *Ecología Verde*, 14 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.ecologiaverde.com/tropismo-que-es-tipos-y-ejemplos-3063.html>. [Último acceso: 5 | Mayo 2021].
- [31] C. Contreras Vences, «Absorción y transporte de agua,» *Universidad Autónoma del Estado de México - Facultad de ciencias agrícolas, Ciudad de México*, 2017.
- [32] R. Pire, «Densidad longitudinal de raíces y extracción de humedad en un viñedo de el tucuyo Venezuela,» *Multiciencias, Punto Fijo*, 2013.
- [33] F. C. C. J. Adrián, «MECÁNICA DE FLUIDOS: DINÁMICA DE FLUIDOS,» *Instituto Tecnológico de Costa Rica*.
- [34] M. F. P. G. G. V. C. D.-I. F. N. A. Fernanda Antolínez, «Principios de la ecuación de Bernoulli, aplicaciones y esquema del montaje experimental,» *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*, 2016.
- [35] H. (. company), «¿Qué es un acondicionador de señal? | Funciones | HBM,» [En línea]. Available: [https://www.hbm.com/es/7339/que-es-un-acondicionador-de-senal-funciones/#:~:text=El%20acondicionamiento%20de%20se%C3%B1al%20es,otro%20\(se%C3%B1al%20de%20salida\)..](https://www.hbm.com/es/7339/que-es-un-acondicionador-de-senal-funciones/#:~:text=El%20acondicionamiento%20de%20se%C3%B1al%20es,otro%20(se%C3%B1al%20de%20salida)..) [Último acceso: 9 Abril 2020].
- [36] J. Mayné, «Sensores Acondicionadores y Procesadores de señal,» 2003.

- [37] R. Hernández Sampieri, Metodología de la investigación, Mc Graw Hill Education.
- [38] M. Vargas, G. Castillo, J. Sandoval y A. Brambila, «Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación,» *Revista de Tecnología e Innovación*, vol. 2, nº 4, p. 810, 2015.
- [39] Conoce Hidroponia, *BOMBA SUMERGIBLE, HERRAMIENTA IDEAL PARA OPTIMIZAR EL RIEGO*, Ciudad de Mexico: Hidroponia.mx, 2015.
- [40] G. Cázarez-Ayala, A. Duarte-Valenzuela, H. Castillo-Meza y A. Rodríguez-Beltrán, «SISTEMA DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ESPACIOS,» *Ra Ximhai*, vol. 10, nº 3, pp. 15-25, 2014.
- [41] A. Amaya y L. Cruz, «Diseño e implemetnación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado de cultivos hidroponicos de uso domestico,» Universidad San fransisco José de Caldas, Bogotá, 2015.
- [42] B. Silvia y K. S. Gavilán Urrestarazu, «Iluminacioón artificial en agricultura,» *Hydroplant*, vol. 5, nº 3, p. 160, 2015.
- [43] A. A. Sotelo, «El Movimiento de las Plantas-: Tropismos y Nastias,» FaCENA, 2015.

ANEXOS

1.Código de programación de la caja de control

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
#include <dht.h>
```

```
dht DHT;
```

```
#include <EEPROM.h>
```

```
#include "GravityTDS.h"
```

```

#define TdsSensorPin A1
GravityTDS gravityTds;
#define DHT11_PIN 8

float temperature = 25,tdsValue = 0;

// Constructor de la librería de LCD 16x2
// Aqui se configuran los pines asignados a la pantalla del PCF8574
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 4, 5);

void setup()
{
Serial.begin(9600);
lcd.begin(16, 2);
lcd.init();
//Encender la luz de fondo.
lcd.backlight();
gravityTds.setPin(TdsSensorPin);
gravityTds.setAref(5.0); //reference voltage on ADC, default 5.0V on Arduino
UNO
gravityTds.setAdcRange(1024); //1024 for 10bit ADC;4096 for 12bit ADC
gravityTds.begin(); //initialization
 }

void loop()
{
 DHT.read11 (DHT11_PIN);
gravityTds.setTemperature(temperature); // set the temperature and execute
temperature compensation
gravityTds.update(); //sample and calculate

```

```
tdsValue = gravityTds.getTdsValue(); // then get the value
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("T=");
lcd.print(DHT.temperature);
lcd.println(" C");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("H=");
lcd.print(DHT.humidity);
lcd.println(" %");
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print("C=");
lcd.print(tdsValue,0);
lcd.println("ppm");

delay(2000);

}
```

Estudio de datos contemplando un análisis estadístico inferencial

	 VAR0000 1	 Grupo
1	29,00	1,00
2	29,00	1,00
3	30,00	1,00
4	28,00	1,00
5	29,00	1,00
6	32,00	1,00
7	30,00	1,00
8	29,00	1,00
9	29,50	2,00
10	30,00	2,00
11	28,00	2,00
12	27,60	2,00
13	28,00	2,00
14	27,00	2,00
15	30,00	2,00

El grupo 1 son los datos tomados antes de haberse instalado el dispositivo y el grupo 2 son los datos tomados despues de haber puesto el prototipo. La variable VAR00001 hace referencia a las temperaturas tomadas los distintos días de estudio.

Descriptivos

Grupo		Estadístico	Error estándar		
VAR00001	1,00	Media	29,5000	,42258	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	28,5008	
			Límite superior	30,4992	
		Media recortada al 5%	29,4444		
		Mediana	29,0000		
		Varianza	1,429		
		Desviación estándar	1,19523		
		Mínimo	28,00		
		Máximo	32,00		
		Rango	4,00		
		Rango intercuartil	1,00		
		Asimetría	1,339	,752	
		Curtosis	2,576	1,481	
		2,00	Media	28,5857	,46313
Límite inferior	27,4525				

95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	29,7190	
Media recortada al 5%		28,5952	
Mediana		28,0000	
Varianza		1,501	
Desviación estándar		1,22533	
Mínimo		27,00	
Máximo		30,00	
Rango		3,00	
Rango intercuartil		2,40	
Asimetría		,136	,794
Curtosis		-2,046	1,587

Se puede observar que el grupo 2 tiene una temperatura menor, pero para ver si estos datos son realmente significativos se hacen pruebas de normalidad.

Pruebas de normalidad

Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VAR00001 1,00	,287	8	,051	,848	8	,090
2,00	,255	7	,187	,875	7	,207

a. Corrección de significación de Lilliefors

Ya que la muestra es menor a 30 días se utilizó la prueba Shapiro-Wilk. Ya que ambos valores significativos son mayores a 0.05 significa que provienen de una distribución normal.

Para corroborar la igualdad de varianza entre los grupos se realizó una prueba Levene.

Prueba de muestras independientes

Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias			Diferencia de medias		95% de intervalo de confianza de la diferencia
F	Sig.	t	gl	Significación	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	

						P de un factor	P de dos factores				Inferior	Superior
VAR00001	Se asumen varianzas iguales	,376	,550	1,461	13	,084	,168	,91429	,62583		-,43773	2,26630
	No se asumen varianzas iguales			1,458	12,640	,085	,169	,91429	,62695		-,44408	2,27265

Como el nivel de significancia es mayor a 0.05 quiere decir que las varianzas son iguales

También, debido a que la P de ambos factores es mayor a 0.05 significa que no hay una diferencia significativa.

Lo que quiere decir que a pesar de hay diferencias esta puede deberse al azar.