



# ESCUELA INDUSTRIAL N°4 “JOSÉ MENENDEZ”

## **Invernadero automatizado.**

### **R.U.N.A**

ALUMNO: Ayusa, Emiliano; Negrete, Alvaro; Rances, Ajax; Ursi, Marcos.

PROFESORES A CARGO: Alvarado, Diego; Bajales, Cyntia; Campoya, Ezequiel; Encina, Esteban;

Gauna, Luciano; Jara, Federico; Retamar, Raul; Sepulveda, Rodrigo; Zuvic, Facundo.

MODULO: Proyecto Interdisciplinario.

CURSO: 6<sup>to</sup> Año de la Tecnicatura Electrónica.

FECHA DE ENTREGA: 26/11

AÑO: 2021

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>6</b>
MARCO TEÓRICO	6
<i>INVERNADEROS Y SU CLASIFICACIÓN</i>	6
<i>MÉTODOS DE CULTIVOS</i>	6
<i>HIDROPONÍA EN CONTRASTE CON EL MÉTODO TRADICIONAL</i>	7
<i>DIFERENTES MÉTODOS PARA USAR EN LA HIDROPONÍA</i>	7
<i>TIPOS DE SUSTRATOS</i>	8
<i>NECESIDADES DE UNA PLANTA</i>	8
<i>CULTIVOS UTILIZADOS</i>	9
<i>MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO</i>	10
SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	10
<i>SOLUCIÓN AL PROBLEMA</i>	11
<b>DESARROLLO</b>	<b>12</b>
MATERIALES	12
INVESTIGACIÓN	12
MATERIALES UTILIZADOS	13
ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN	14
RECOLECCIÓN DE LOS DATOS	14
PLANIFICACION Y EJECUCION DEL PROYECTO	15
<i>ORGANIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES</i>	15
ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	16
<i>MICROCONTROLADOR</i>	16
TIPO DE COMUNICACIONES	16
<i>CIRCUITO INTER-INTEGRADO (I2C)</i>	16
<i>BLUETOOTH</i>	16
MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA Y SU CONTROL	17
<i>TEMPERATURA AMBIENTE</i>	17
<i>TEMPERATURA DEL LIQUIDO</i>	18
MEDICIÓN DE HUMEDAD Y SU CONTROL	18
MEDICIÓN DE LA ILUMINACIÓN Y SU CONTROL	19
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	20
NIVELES DE LÍQUIDOS DE LOS CONTENEDORES	20
RECIRCULACIÓN DEL AGUA	21
OXIGENACIÓN EN EL AMBIENTE	22
INDICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL INVERNADERO	22
CONEXIÓN ENTRE EL MICROCONTROLADOR Y LOS DISPOSITIVOS	23
CONSTRUCCIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO	23
CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO FINAL	24
<i>ARMADO DE LA ESTRUCTURA</i>	24
<i>SISTEMA DE CONTROL</i>	25
INICIO Y FUNCION DEL PROGRAMA	27
APLICACIÓN MOVIL	27
<b>RESULTADOS FINALES</b>	<b>30</b>
<b>DISCUSION</b>	<b>31</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>32</b>
MEJORAS A FUTURO	32
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>32</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>33</b>

## RESUMEN

En base a la problemática investigada por la Unicef sobre la mala alimentación que afecta a las personas de distintos países, se decidió realizar un invernadero. Este es automatizado con una tecnología de software abierto llamado Arduino. La principal característica de este, es el uso del método hidropónico para el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Se indagó en las funciones y beneficios de utilizar un invernadero, así como también los factores ambientales que se pueden automatizar y controlar.

En cuanto al proyecto realizado, se utilizaron materiales de plásticos (PVC) para las columnas y también nylon para recubrirlo y generar un ambiente cerrado. Las plantas tienen un recipiente de donde absorberán los nutrientes y un tanque de reserva que suministra agua cada vez que sea necesario para el cultivo.

Consta también de un gabinete que contiene el sistema de control, donde se conectan sensores y actuadores que regularan parámetros fundamentales para que las plantas crezcan de forma eficiente.

El funcionamiento del proyecto es de la siguiente forma:

- Cuando la temperatura dentro del invernadero es baja, se acciona la calefacción.
- Si la temperatura es alta, se acciona la ventilación.
- Cuando el agua de la macetera es baja, la bomba del tanque hará que se llene la misma.
- Cada una hora por dos minutos, se acciona la bomba de la macetera, el ventilador y el extractor al mismo tiempo, en caso de que el agua de las plantas sea baja se vuelve a accionar la bomba del tanque.
- Se podrá seleccionar con un menú, los rangos temperatura y humedad máximas y mínimas. También habrá dos menús para ver determinados datos (temperatura y humedad del ambiente, temperatura del agua y el nivel de líquidos).
- Se indica mediante leds el nivel de líquidos del tanque de agua (vacío, medio o lleno), la temperatura del agua (fría o caliente), si hay que medir el pH y si se tiene que cambiar el agua.
- Con una aplicación móvil se podrá visualizar los estados de la calefacción, ventilación, iluminación, temperatura del agua, temperatura y humedad del ambiente, el nivel de líquidos, si hay que medir el pH o cambiar el agua.

El proyecto se realizó en un invernadero de las siguientes medidas aproximadas: 45 cm de ancho, 70 cm de largo y 62 cm de altura.

Con un límite para el sistema de control de 70 cm<sup>3</sup>, donde se tiene la posibilidad de ampliar aún más, pero se tendrá que considerar el aumento de sensores, módulos, cables, etc. Que permitan el funcionamiento normal del mismo.

## ABSTRACT

This project is named RUNA and it consists of an automated hydroponic greenhouse.

The members for this project are:

- Ayusa Emiliano
- Negrete Alvaro
- Rances Ajax
- Ursi Marcos

In this work the main task was to create a greenhouse that would use the electronic technology as a base, in order to create an automated environment that would help the different crops inside the structure.

The main public in which this product or work is aimed are people interested in taking care of their health and having plants inside a greenhouse.

### Objectives

For this work there are different objectives that help to justify everything that was made. These objectives are:

#### Main Objective

- Design and construct a control system that allows adequate growth of the crops.

#### Secondary Objective

- Obtain healthy crops, free of artificial preservatives and have a reliable quality.
- Control and measure the necessary characteristics for selected crops.

### Dimensions

Length	Height	Width
75 cm	62 cm	46 cm

### Stages of the Project

#### Investigating

First, we looked for information regarding the types of greenhouses, and the type of technologies used in them for plants to grow. Then we read papers about the different kinds of plants that can be used in hydroponics, also the benefits hydroponics systems have over regular greenhouses. After we finished all of that, the investigation of the different electronics components was started.

#### Constructing the prototype

The first step was to buy the materials for the structure; we selected the cheapest and water resistant. The majority of them were plastic and wood materials. Then when everything was bought, the main structure started to be assembled; this was made by joining the plastic tubes

with bolts and glue. In addition, we installed a wood base for the greenhouse and the electronics part. Finally, we installed the fans, the tupperware and the light bulbs.

### **Programming the electronics devices**

The Arduino MEGA was programmed in order to control and monitor parameters in the greenhouse. These parameters are: humidity, ambient temperature, liquid level, temperature of the water, oxygenation of the greenhouse and the water.

### **Assembling components**

The first step was to buy the electronics materials in Mercado libre. Then we made the electric circuits in protoboards and we tested if they work. Once they worked, we made the PCB for the circuits. The next step was to put every sensor and actuator in the greenhouse. Then we connected the sensors and actuators cables to the power supply.

### **Growing the plants**

The first step is to germinate the seeds. The second step is to wait till the plants grow at least 10 cm. The third step is to transplant the little plant to a plastic pot; this pot needs to have holes. The fourth step is to put the pots in a tupperware; this tupperware will have the water with nutrients. Finally, the roots of the plants need to be placed in the water.

### **Running simulations (Testing the product)**

The first step is to start the power supply; the next step is to set up the parameters for the greenhouse. These parameters are the maximum temperature and humidity, the minimum temperature and humidity. Then the greenhouse will start to work. Finally, the plants need to be checked regularly to prevent them from dying.

# INTRODUCCION

## MARCO TEÓRICO

### INVERNADEROS Y SU CLASIFICACIÓN

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes o translucido, dentro del cual es posible obtener un microclima controlado, y con ello cultivar plantas en condiciones óptimas y fuera de temporada. Es el sistema más simple y económico, para captar energía solar en favor de los cultivos.

Los invernáculos pueden tener diversas formas en cuanto a la estructura, que lo favorecen o perjudican. Además hay que tener en cuenta las condiciones climáticas donde este se encuentre. Por ello es importante conocer los distintos tipos que existen y en que situaciones son utilizados.

- **Tipo túnel:** El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo en razón de su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación.
- **Tipo capilla:** Si la inclinación de estos planos es mayor a  $25^\circ$ , no ofrece inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación se realiza a través de ventanas frontales y laterales; pero, cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas, la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.



### MÉTODOS DE CULTIVOS

Existe más de un método para cultivar, los cuales dan resultados finales diferentes. Por ello, el método a utilizar dependerá de la calidad, presupuesto y tipo de planta que desee el agricultor. Siendo los más utilizados los siguiente:

- **Tradicional:** Consiste en que los cultivos se colocan en tierra dentro del invernadero, se asemeja mucho a una huerta agrícola donde para cultivar cualquier tipo de planta se la coloca dentro de tierra fértil (la cual le da los nutrientes necesarios para que crezcan). Se utiliza un sistema de riego para que los cultivos reciban el agua necesaria, se mide y se controla el pH, la humedad tanto del suelo como del ambiente, la temperatura y la oxigenación.
- **Hidroponía:** Consiste en que los cultivos se los coloca en sustrato. Generalmente agua, la misma es mezcla con nutrientes (ya sea en polvo o líquido). El contacto de las raíces con el sustrato permite el crecimiento de las mismas. Ya que reciben los mismos nutrientes que tendrían si estuviesen cultivados en un suelo. Como en el método tradicional se tiene que tener en cuenta la medición y control de pH, la humedad (en este caso del ambiente), la temperatura y la oxigenación.



## HIDROPONÍA EN CONTRASTE CON EL MÉTODO TRADICIONAL

Una huerta tradicional utiliza espacios como el patio de una casa, macetas, terrenos destinados exclusivamente al cultivo, para el desarrollo de los plántines. Esto permite obtener vegetales, a un costo menor al que vende el mercado y asegurarse de que el producto final sea confiable.

El suelo tiene que ser preparado con anterioridad, esto se realiza mediante la cobertura del suelo con pasto seco, produciendo abono o rotando los cultivos, esto es para crear tierra fértil. Siendo fértil la capacidad que tiene el suelo para poder otorgar los nutrientes necesarios para la planta.

Utilizando este método, se debe tener en cuenta la estación o época del año en la que se encuentra antes de germinar las semillas. Ya que, si están fuera de temporada, los cultivos no crecerán correctamente.

La hidroponía, es un método de cultivo utilizable en invernaderos. El mismo utiliza agua que proporcionara los nutrientes necesarios para que las plantas puedan crecer de forma apropiada.

A pesar de que suene contradictorio al utilizar el agua, como medio de intercambio de nutrientes, se utiliza menor cantidad de agua. Esto se debe a que las plantas son las únicas que la absorben, caso contrario con otros métodos. Además, dado que no utiliza tierra como medio de intercambio de nutrientes, se reduce el volumen que ocupa la plantación, el uso de insecticidas y fertilizantes.

Ventajas
Reducción del espacio que ocupan
Higiene de los cultivos
Comodidad del trabajador
Optimización del uso del agua
Producción en lugares donde no hay tierra o es de mala calidad
Producción en climas variados

Inconvenientes
Necesidad de una inversión inicial mayor
Mayor necesidad de capacitación
Dependencia energética
Requerimiento de agua de buena calidad

## DIFERENTES MÉTODOS PARA USAR EN LA HIDROPONÍA

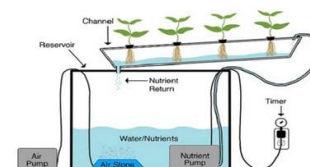
### Sistemas de “raíz flotante”

En esta, las raíces de los cultivos o plantas son sostenidas por una estructura flotante (se utiliza en su mayoría Telgopor perforado), donde se encuentra una solución nutritiva, que es oxigenada de manera frecuente, que es absorbida por las raíces.



### Sistema NFT (Nutrient Film Technique)

En este sistema, se utiliza una película delgada de nutrientes, donde la misma circula por un caño perforado e inclinado donde se colocan las plantas.



### Cultivo en sustrato

En este sistema se utiliza cualquier material de origen natural o sintético (sustrato), que reemplaza el suelo y cumple una función de sostén para la planta. El sustrato puede presentar una alta presencia de algún nutriente necesario para las plantas, se puede usar sustratos orgánicos como compost orgánico o turba. Así como también no orgánicos como perlita, espumas agrícolas, lana de roca, etc.



## TIPOS DE SUSTRATOS

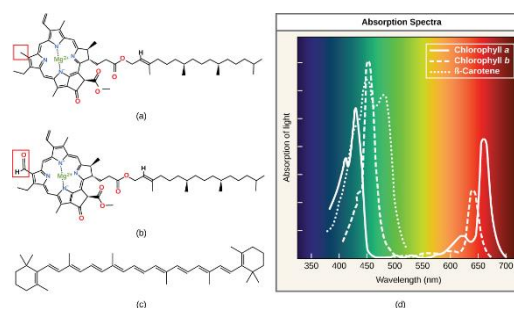
SUSTRATO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	USO
Perlita	Se forma a partir de roca volcánica expandida a muy alta temperatura (1.000 a 1.200 °C)	Es un sustrato muy liviano. Aporta poros de mayor tamaño que contribuyen a mejorar la aireación. La capacidad de retención de agua es limitada	Puede utilizarse sola o en mezclas en proporción de 40 a 50%
Lana de roca	Compuesto por una mezcla de rocas calentadas a 1.600 °C que forman unas fibras muy delgadas, que luego son prensadas	Al igual que la perlita, mejora la aireación fundamentalmente	Su uso más frecuente es como sostén de las plantas en los sistemas hidropónicos, en reemplazo de la goma espuma
Arena de río	Son arenas cuya granulometría oscila entre 0,5 y 2,0 mm, obtenidas de los lechos de los ríos. Es necesaria la desinfección antes del uso	Se trata de un material algo heterogéneo que con una buena capacidad de retención de agua. Su principal desventaja es el peso relativamente elevado.	Se utiliza en mezclas a razón de 30 a 40 %
Turba	Formada por restos vegetales en proceso de fosilización, obtenidos de turberas	Mejoran la capacidad de retención de agua. Presentan gran variabilidad y tienden a ser ácidas. Se degradan con facilidad	Se usa en mezclas en proporción de 30 a 40 %
Cáscara de arroz	Proviene de la industria del arroz. Es conveniente la desinfección antes de su uso	Mejora la capacidad de aireación de la mezcla, pero su capacidad de retención de agua es baja	En mezclas en proporción de 10 a 20 %

## NECESIDADES DE UNA PLANTA

- **Temperatura:** es el nivel térmico del ambiente, afecta la tasa de desarrollo de la planta a través de sus distintas fases, la producción de hojas, tallos y otros componentes. Al incrementarse la temperatura en el ambiente, aumenta el metabolismo, que sería transformar los nutrientes que entran en la planta para poder generar energía. Debido a esto, se requiere un mayor suministro de insumos para la planta: más agua de riego y nutrientes minerales.

- **Iluminación:** los organismos fotosintéticos (clorofila), presentes en las plantas, necesitan de la luz solar para realizar la fotosíntesis, proceso por el cual las plantas transforman la materia inorgánica (dióxido de carbono y agua) a materia orgánica (hidratos de carbono).

En la fotosíntesis, la totalidad de las ondas de luz del sol no es utilizada; esto se debe a que cada organismo fotosintético contiene pigmentos que solo absorben longitudes específicas de la luz visible. La cantidad de longitudes de onda que un pigmento puede absorber, se conoce como espectro de absorción. La luz natural es la ideal, ya que presenta una totalidad del espectro de luz visible, por esta razón es bueno procurar que todas las plantas, incluso las del interior, accedan a esta al menos durante algunas horas al día.



1. Imagen de Reacciones de la fotosíntesis dependiente de la luz

- **Humedad absoluta:** Es la cantidad de vapor de agua contenido en un determinado volumen de aire.



- **Humedad Relativa:** Es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura.
- **Riego:** las plantas necesitan de agua para vivir, por lo que el riego es un factor de lo más importante a la hora de cultivar ya que proporciona a la parte vital de cultivo (raíces), los nutrientes y elementos químicos que requiera para favorecer su desarrollo.
- **Ventilación:** la ventilación es un aspecto fundamental en la producción de cultivos en invernadero, ya que facilita la entrada de aire fresco y elimina el aire caliente que se acumula dentro del invernadero. También, al ventilar, se renueva el aire por lo que es indispensable que el invernadero cuenta con un buen sistema de ventilación.
- **pH o Potencial de Hidrógeno:** Otro aspecto a tener en cuenta es el pH, el mismo es un indicador de cuán ácido o alcalino es un suelo o medio de transmisión de nutrientes, en esta se establece todos los tipos de reacciones biológicas y químicas en el medio. Para medir este pH se utiliza una escala de 0 a 14, siendo 7 en valor neutro y todo valor mayor a 7 se lo considera alcalino (7 a 14) y todo valor menor a 7 se lo considera ácido (0 a 7).
- **Nutrientes:** Alimento que requieren las plantas. Pueden ser:

Hidrógeno	H	Macronutrientes
Carbono	C	
Oxígeno	O	
Nitrógeno	N	
Potasio	K	
Calcio	Ca	
Magnesio	Mg	
Fósforo	P	
Azufre	S	

Cloro	Cl	Micronutrientes
Boro	B	
Hierro	Fe	
Manganeso	Mn	
Cinc	Zn	
Cobre	Cu	
Níquel	Ni	
Molibdeno	Mo	

Siendo los macronutrientes los más requeridos, en mayor cantidad por las plantas, y los micronutrientes, los menos requeridos en cuanto a cantidad.

Para que los cultivos puedan absorber estos nutrientes, necesitan de un medio necesario y el pH afecta la solubilidad que tiene el mismo para que lo utilicen las plantas.

## CULTIVOS UTILIZADOS

- **Lechuga:** su denominación es *Lactuca sativa*, es una planta anual y su raíz no llega a sobrepasar los 25 centímetros de profundidad, se caracteriza por tener hojas en forma de roseta.  
Este cultivo soporta temperaturas bajas y altas (siendo -6°C el mínimo soportado hasta 30°C como máximo), la temperatura óptima para crecimiento es de los 18° a 24°C. La humedad relativa para este cultivo debe estar en el rango del 60% al 80%. El pH necesario para este cultivo va entre 6,7 a 7,4.
- **Acelga:** es un cultivo bianual y de ciclo largo, el cual no produce fruto, en este se cosecha las hojas las cuales son comestibles. Es una planta de clima templado, el cual crece bien en temperaturas medias, a pesar de esto no soporta los cambios bruscos de temperatura.  
En el desarrollo vegetativo, el cultivo debe comprender las temperaturas de 6°C hasta un máximo 27° a 33°C, y su rango de temperatura para crecimiento debe rondar entre 15°C a 25°C. La humedad relativa, para este cultivo, debe comprender entre 60% y 90%. El pH necesario para la acelga debe estar en los valores de 5,5 a 8.
- **Perejil:** se lo denomina *Petroselinum sativum*, es una planta umbelífera (familia de las hierbas), tiene un tallo que es erguido y sobresale hojas que pueden ser lisas o rizadas, muy divididas y aromáticas.  
El perejil se puede cultivar en gran diversidad de climas y su rango de temperatura para el crecimiento va desde los 15°C hasta 18°C, aunque puede crecer de forma correcta si no supera los 24°C.  
Es exigente en humedad, aunque si supera una un valor del 80% puede provocar la aparición de manchas y tizones foliares (aparición de hongos en la planta).  
El pH recomendado para el perejil debe oscilar entre 6,5 y no superar el 8.

## MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Si tomamos en cuenta lo mencionado anteriormente, se puede notar que dentro de un invernadero los factores de temperatura, humedad, cantidad de nutrientes, nivel de pH, etc. Tienen que estar dentro del rango determinado. Para poder asegurar este rango, la automatización es una de las mejores opciones.

Por esta razón se presenta la automatización de un invernadero con la tecnología de Arduino como proyecto final, el cual permita el crecimiento de variedad de plantas.

### Objetivo principal:

- Diseñar y construir un sistema de control que permita el crecimiento de los cultivos de forma adecuada.

### Objetivos secundarios o específicos:

- Obtener cultivos saludables, libres de conservantes y que tengan una calidad confiable.
- Controlar y medir las características necesarias (ya sea temperatura, humedad y pH) para cada cultivo elegido.

## SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La mala alimentación o nutrición en las personas de todas las edades conlleva a que la salud física y mental se deteriore. Esto puede ser causado ya sea por la falta o exceso de alimentos en edades tempranas, la mala calidad de los alimentos consumidos, la imposibilidad de poder adquirirlos, etc. Las cifras estimativas de cuanta es la cantidad de niños que no pueden comer, alcanza aproximadamente los 200 millones, esto es respaldado por la declaración que hace Unicef: “La malnutrición sigue afectando gravemente a los niños. En 2018, casi 200 millones de niños menores de cinco años sufrían de retraso en el crecimiento o emaciación, mientras que al menos 340 millones sufrían de hambre oculta.” (Unicef, 2019)

Con esta cantidad exuberante de personas que no pueden tener acceso a alimentos de buena calidad, se presenta un fenómeno denominado hambre oculta, que provoca la carencia de vitaminas, minerales, proteínas, etc. Que da la consecuencia de que niños tengan una deficiencia en hierro, que reduce la capacidad de aprendizaje, perjudicando su vida y limitándola.

“El hambre oculta”, es decir, las carencias de vitaminas y minerales, es perjudicial tanto para los niños como para las mujeres. En los niños, la carencia de hierro reduce la capacidad de aprendizaje, mientras que, en las mujeres, la anemia por carencia de hierro aumenta el riesgo de muerte durante o poco después del parto. (Unicef, 2019)

No es tan solo la falta de alimentos la que provoca una malnutrición, si no que el consumo de comida procesada puede afectar el equilibrio nutritivo, esto lo aclara la Unicef: “En las ciudades, los niños pobres viven en “desiertos alimentarios”, donde no hay alimentos saludables, o en “pantanos alimentarios”, donde abundan los productos procesados con un alto contenido calórico y bajos en nutrientes.” (Unicef, 2019)

Cabe recalcar que no solo la falta de comida o el exceso de productos procesados afecta a la nutrición, sino que también las condiciones climáticas ponen en riesgo la alimentación, ya que, al cambiar el entorno, esto provoca que la adquisición de materias primas, la calidad de los recursos, etc. Terminen afectando lo que se puede tener en alimentos. “Las perturbaciones climáticas, la pérdida de biodiversidad y los daños al agua, el aire y el suelo agravan las perspectivas nutricionales de millones de niños y jóvenes, especialmente entre los pobres.” (Unicef, 2019)

Como vemos, esta situación provoca consecuencias muy graves en la vida de millones de personas, por lo cual la misma no tiene que ser ignorada.

## **SOLUCIÓN AL PROBLEMA**

Para evitar la mala alimentación de las personas se pueden obtener alimentos saludables, que les permita tener una dieta balanceada y con todos los nutrientes, vitaminas, proteínas, minerales, entre otros y necesarios para poder tener una salud física óptima. Para poder obtener estos alimentos se puede utilizar un invernadero, el cual permite tener cultivos saludables, de buena calidad y confiables ya que la persona conocerá como fue su crecimiento.

Este puede utilizar el método de hidroponía para tener un menor gasto a largo plazo, además de estar automatizado, lo que ayudaría al usuario a no estar dándole el 100% del cuidado al cultivo, además de perder el riesgo que a la planta le falten o tenga un exceso de factores como temperatura, humedad, etc.

En este caso, el pH únicamente se mide y se controla de forma manual ya que el usuario medirá por su cuenta cada dos días, y dentro de ese periodo en caso de que se supere ese límite se dará un aviso.

Se dará un aviso cada 14 días para que el usuario realice un cambio de agua en el tanque que se encontrará dentro del invernadero, esto es para evitar el crecimiento de hongos y además para asegurar que el agua tenga los nutrientes suficientes.

Cabe resaltar que este invernadero utilizará tres cultivos diferentes pero que en requerimientos (temperatura, humedad y pH) son similares, por lo que, si se requiere realizar cambios en la elección de cultivos, se deberá hacer un estudio de estos tres factores de las plantas elegidas para lograr el mejor rendimiento de las mismas.

## DESARROLLO

### MATERIALES

Tomando en cuenta el marco teórico, se presenta lo necesario para el armado de la estructura y el sistema de control.

Para obtener la estructura, se necesita de materiales rígidos y que no se dañen por la humedad. Debido a esto se optó por el uso de PVC y materiales plásticos.

Para la base se emplea una madera de un espesor de 2 cm, esto brinda la seguridad de que no cederá por el peso de toda la estructura, sistema de control, tanques, plantines, fuente de alimentación, y todos los materiales que se coloquen sobre la madera. El inconveniente que puede presentar este material es la susceptibilidad a la humedad, por lo que requiere procesos para evitar esto (barnizar, pintar, etc.).

El uso de PVC y materiales plásticos para el resto del invernadero, es beneficioso en el sentido de que es rígido, es fácil de manipular y además es resistente a la humedad. El inconveniente que presentan estos materiales, es que ciertos pegamentos pueden derretirlos y que si el peso es excesivo pueden llegar a quebrarse.

Para realizar el sistema de control del invernadero, se tiene que considerar que se necesita un microcontrolador, responsable de tomar las decisiones en base a los datos que reciba. Para poder funcionar, necesita de dispositivos de entrada que le de los datos necesarios, de una programación para realizar sus acciones y de dispositivos de salida para interactuar con el ambiente a controlar.

Si se quiere automatizar el sistema se necesita controlar y medir los siguientes factores:

- Temperatura de ambiente y líquidos.
- Humedad del ambiente.
- pH o potencial de hidrógeno.
- Circulación del agua.
- Ventilación.
- Iluminación.

### INVESTIGACIÓN

En primera instancia, se investigó la problemática central por la cual el proyecto se construye, al realizar esto se obtuvo que hay un problema con la alimentación tanto en niños, jóvenes y adultos. Esta investigación está sustentada por un informe planteado por la UNICEF que investiga en distintas partes del mundo los efectos que la mala nutrición en las personas.

Una vez identificada la problemática, se planteó que un invernadero puede funcionar como una solución. Además, automatizarlo para integrar los conocimientos electrónicos de la tecnicatura.

Con todo lo anterior, se empezó con la búsqueda de componentes y la función que cumpliría en el sistema de control. Además de considerar como realizar la estructura.

## MATERIALES UTILIZADOS

### Sistema de control

Materiales	Función	Cantidad
Arduino Mega 2560	Controlador del sistema	1
DHT11	Medidor de humedad relativa	1
BMP280	Medidor de la temperatura ambiente	1
Ds3231	Reloj para determinación de horarios	1
Módulo L298N Puente en H	Controlador de bombas	1
Módulo Relé Optoacoplador	Etapas de potencia	2
Módulo LDR	Medidor de luz	1
Ds18B20	Medidor de temperatura de líquidos	1
PH-METER-1	Medidor de pH	1
Modulo Bluetooth HC-05	Transmisor de Bluetooth	1
Sensor de nivel de líquidos	Determinar el nivel de líquidos	1
Display LCD 1602A	Visualizador de parámetros	1
Teclado Matricial 4x4	Teclado para el display	1
Diodos emisor de luz	Indicadores visuales	6

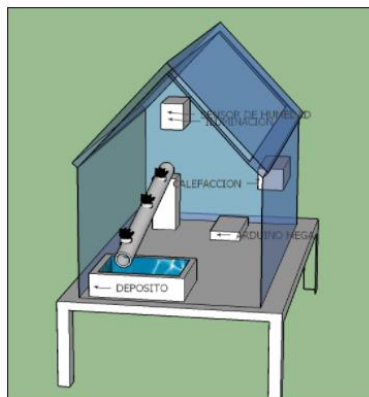
### Estructura

Elementos	Función	Cantidad
Tubos PVC 25mm de 3 metros de largo	Estructura principal del invernadero	3
Codo a 45° de 25mm termofusión	Unión entre tubos de pvc	4
Codo (hembra-hembra) de 90°	Unión entre tubos de pvc	2
Tapas rosca hembras	Unión entre tubos de pvc y la base	10
Nylon de 200 micrones de 3 metros	Crear un ambiente para las plantas	1
Madera de melamina sobre aglomerado de 18mm	Base de la estructura	1
Madera MDF de 3mm	estructura para gabinete	1
Pintura Sintética Verde Sintoplast 1lt	Acondicionador para la base	1
Velcro de 3 metros	apertura y cierre de las puertas del invernadero	1
Silicona en barra	Pegamento para el nylon y el velcro	9
Pintura Sintética Negra Sintoplast 1lt	pintura para el gabinete	1
Tornillos	Sujetar diferentes partes	Varios
Placa de cobre de 10mm x 10mm	Permite obtener las pistas para los circuitos electrónicos	2
Cloruro férrico de 250 ml	Quemado de la placa de cobre	1
Cables de 1,5 mm <sup>2</sup>	Conexión	-
Cables para Arduino	Conexión	-
Portalámparas	Instalar las lámparas	2
Luminaria LED	Compensador para la falta de iluminación	1
Luminaria Incandescente	Calefacción	1
Ventiladores	Ventilación y oxigenación	2
Bombas de agua motor sumergible 120 l/h 3-6V	Circulación de agua	2
Recipiente de tanque	Tanque de agua	1
Recipiente de plantas	Maceta de plantas	1
Epoxi acero	Pegamento para las tuberías	1
Nutrientes de hidroponía		1

## ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Durante recolección de información, una de las actividades realizadas fue el planteamiento de la situación problemática, las alternativas de solución, los objetivos para el proyecto, el diseño de un primer prototipo y calendario de actividades.

Se realizó el primer croquis de prototipo del invernadero fue realizado con el software de diseño en 3D SketchUp:



2. Croquis de primer prototipo

En este primer prototipo se realizó la estructura con forma de capilla simple, tienen la ventaja de que en caso de estar en el exterior y llegara a llover, la misma forma de la estructura permite que el agua no se estanque en el techo. A su vez, la altura permite que haya un mayor volumen de aire dentro del invernadero.

Además, dentro de este prototipo colocamos la distribución de las diferentes partes que componen al invernadero, esto incluye al contenedor de los cultivos, la calefacción, sensor de humedad, depósito del agua y el microcontrolador.

Este prototipo presenta un inconveniente importante, la ubicación del sistema de control, el mismo no puede estar dentro del invernadero, porque puede ser susceptible a la humedad del ambiente en el invernadero.

Una forma de evitar esto es aislando el sistema de control con una estructura aparte, donde no ingrese la humedad o bien, ubicarlo fuera del invernadero. En el prototipo final, se optó por colocar el sistema de control por fuera de la estructura.

Con respecto a la organización de las actividades, optamos por realizar una tabla donde distribuimos las primeras tareas que teníamos que realizar para poder avanzar con el proyecto.

Actividades	Fecha de inicio	Días empleados	Fecha de finalización
Pre-informe	14/06	6	22/06
Análisis tecnológico (ver hardware arduino)	22/06	--	--
Análisis tecnológico (ver software arduino)	29/06	--	--
Primer prototipo (análisis estructural)	05/07	--	--
Montaje de estructura final	09/08	--	--
Defensa final	01/11	--	--

## RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Para poder obtener la información necesaria se consultó en la página oficial del INTA donde se obtuvo datos sobre:

- Los cultivos.
- La hidroponía.
- El potencial de Hidrogeno.
- Los invernaderos.

La situación problemática fue obtenida a través de informes de la UNICEF donde obtuvimos información acerca de:

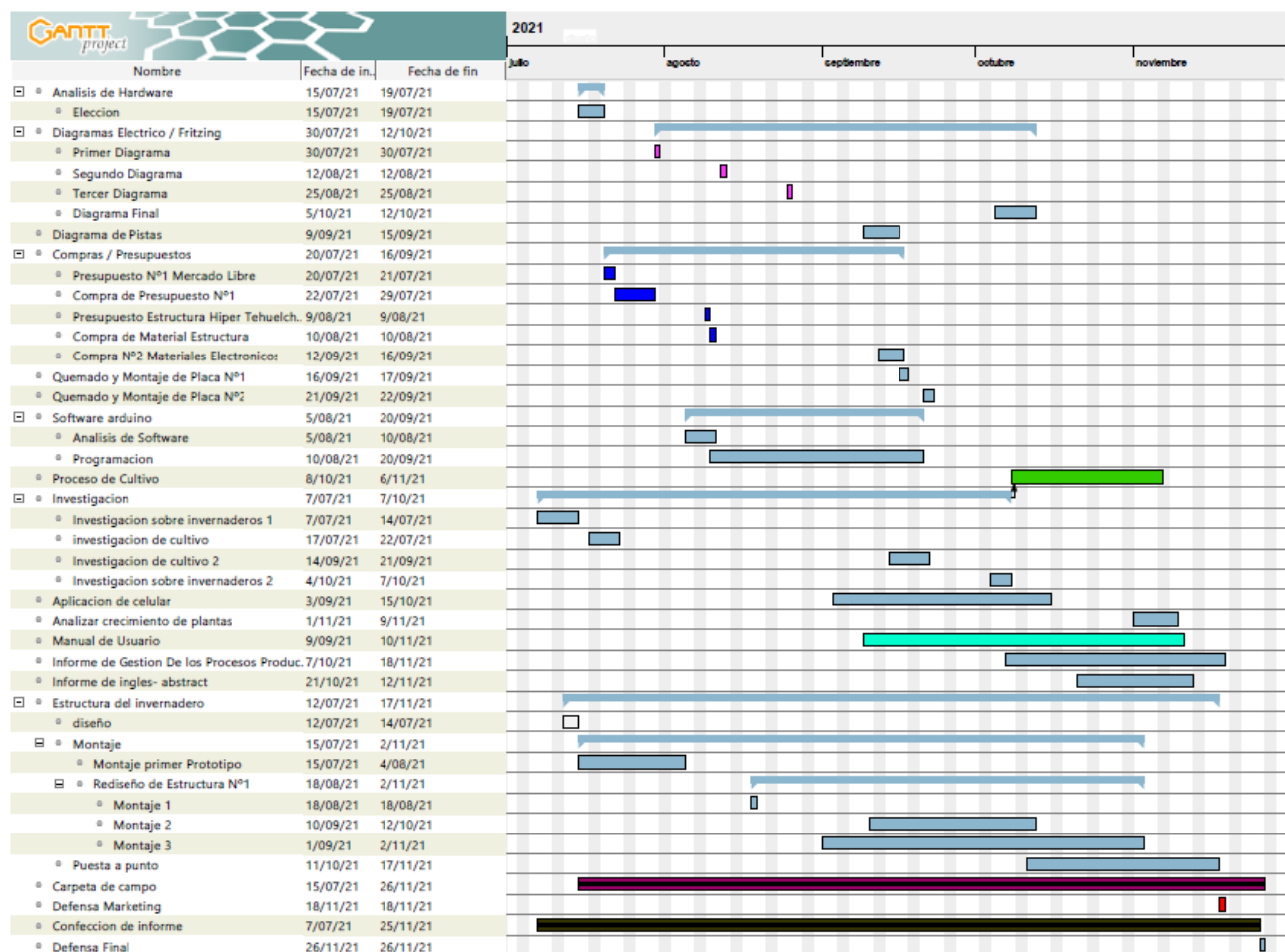
- Los efectos de la mala alimentación.
- La cantidad de personas que lo sufren de mala alimentación.

En cuanto a la programación, la información fue obtenida a través de foros de internet y el asesoramiento de diferentes profesores. Lo recolectado permitió determinar los parámetros necesarios para poder realizar el proyecto.

## PLANIFICACION Y EJECUCION DEL PROYECTO

### ORGANIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Para poder establecer una base de que hacer y cuando, se utiliza generalmente un diagrama de Gantt:



En este diagrama se toma en cuenta la primera fecha de que se inicia el proyecto (7 de julio del 2021) y cuando se finaliza (26 de noviembre del 2021). Donde en este periodo, está cada actividad realizada que conlleva a finalizar el producto final.

Un aspecto a tener en cuenta sobre esta organización fue a la extensión de las fechas, ya que inicialmente la finalización del proyecto era el 18/10/2021. Con esta prolongación se pudo realizar el trabajo de una mejor forma.

## ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

### MICROCONTROLADOR

El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica, desarrollada por la empresa Arduino, el cual utiliza el microprocesador ATmega2560 cuenta con 16 entradas analógicas, 15 entradas o salidas digitales con la posibilidad de uso de PWM (modulación de ancho de pulso), 28 son puertos de salida y entrada digitales; 4 son puertos seriales para comunicación (UART para la transmisión y recepción de datos, y comunicación I2C), tiene un botón de reset y conexión de USB. Se lo puede alimentar ya sea a través del USB integrado que posee o conectándolo en el Jack de alimentación mediante un adaptador de CA a CC de y una batería en el pin Vin.

Algunas características para este modelo son:

Microcontrolador	Arduino Mega 2560
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada	7 a 12V (recomendados)
Voltaje de entrada	6 a 20V (límites)
Pines de entrada/salida digitales	54
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC por pin I/O	40 mA
Corriente DC por pin I/O	50 mA
Memoria Flash	256 KB (8 KB utilizados por el gestor de arranque)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

A la hora de programar este dispositivo se utiliza el software de Arduino IDE, este utiliza un lenguaje de programación similar al C++, este programa permite escribir todas las instrucciones que tendrá el microcontrolador y subir las mismas al Arduino a través del uso del cable USB.

La razón por la cual se optó por utilizar este microcontrolador, se basa en que la misma cuenta con una cantidad alta de pines de conexión, por lo que es una gran ventaja a la hora de distribuir el conexionado de los distintos dispositivos o periféricos a usar.

## TIPO DE COMUNICACIONES

### CIRCUITO INTER-INTEGRADO (I2C)

Es un puerto y protocolo de comunicación serial, define la trama de datos y las conexiones físicas para transferir bits entre 2 dispositivos digitales. El puerto incluye dos cables de comunicación, SDA (envío de datos) y SCL (reloj que decide la velocidad de envío de datos).

Cada dispositivo conectado a I2C tiene una dirección única que lo identifica (esta puede ser modificada a través de software o hardware) y este protocolo tiene una arquitectura de maestro – esclavo, donde el maestro es aquel que inicia la comunicación, envía y recibe datos, además también tiene la tarea de establecer la velocidad del reloj, que permite que la comunicación entre dispositivos esté sincronizada, en cambio el esclavo solo puede enviar y recibir datos.

### BLUETOOTH

Es un protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, que requieren corto alcance de emisión y basados en transceptores de bajo costo.

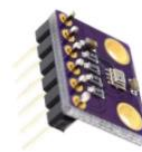
Los dispositivos que incorporan este protocolo pueden comunicarse entre sí cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión es suficiente.



# MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA Y SU CONTROL

## TEMPERATURA AMBIENTE

Para medir la temperatura que tendrá el invernadero, se utiliza el sensor BMP 280, este se encarga de medir temperatura y presión. Utiliza tecnología piezoresistiva junto con el uso de semiconductores, al usar esta tecnología su resistencia cambia si es sometido a un estrés mecánico, ya sea compresión o tracción. En los casos de los semiconductores su resistencia varía en base a la temperatura.



Parámetros	MIN	Típico	MAX	Unidad
Rango de temperatura de operación	-40	25	+85	°C
	0		+65	
Rango de temperatura de presión	300		1100	hPa
Tensión para alimentación del sensor	1.71	1.8	3.6	V
Tensión de alimentación de interfaz	1.2	1.8	3.6	V
Corriente de medición de temperatura		325		μA
Precisión de temperatura absoluta	±0.5		±1	°C

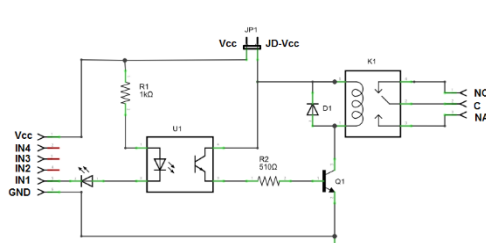
Las alternativas para sensores son: sensor DHT11(rango de 0° a 50°C y precisión de +- 2°C) y TMP36 (rango de -40° a 125°C y precisión +- 2°C)

Las razones por la cual se optó por el sensor BMP280 fueron por precisión, conexasión con el microcontrolador sencilla, ya que requiere 2 cables de alimentación y 2 cables para la comunicación I2C y debido a una prueba con los diferentes sensores, donde este modelo resultó ser el más estable y rápido en responder.

La tabla de la prueba es la siguiente:

Sensores	Prueba 1 (temperatura media)	Prueba 2 (temperatura baja)	Prueba 3 (temperatura alta)	Tiempo de respuesta
DHT11	21°	16°	25° a 47° (en 20 segundos)	7 segundos
BMP280	22°	18°	25° a 47° (en 10 segundos)	3 segundos
TMP36	23°/27°/28° (3 cambios en 10 segundos)	16°	25° a 47° (en 20 segundos)	Mayor a 7 segundos

Cuando la temperatura es baja se utilizará como sistema de calefacción una bombilla incandescente de 60W, la cual se conecta a una tensión alterna de 220V, esta misma se activará mediante un pulso de un pin digital, que se conecta a un módulo de relé optoacoplado.



3. diagrama eléctrico de Relé opto acoplado



Este pulso cierra el circuito, encendiendo el diodo led (DL1), al mismo tiempo el diodo led (DL2), que se encuentra dentro del optoacoplador, excitando la base del fototransistor, generando una circulación de corriente en la bobina del relé, encendiendo la lámpara incandescente y el sistema de calefacción.

Esta opción de usar un módulo de relé optoacoplador fue adoptada gracias a que de esta forma se garantiza la protección del microcontrolador de la parte de potencia, ya sea cuando se usa las luminarias conectado a la red de corriente alterna o la parte de ventilación y extracción, que utilizan tensiones y corrientes superiores a las que soporta o puede proporcionar el microcontrolador.

En los casos de que la temperatura sea excesiva se utiliza el mismo principio con un módulo relé optoacoplador, con la diferencia de que se enciende el sistema de ventilación mediante el uso de

un ventilador o cooler, provocando una convección forzada que hace ingresar aire exterior al invernadero, lo que genera un recambio del mismo disminuyendo la temperatura del ambiente.

El ventilador usado es de modelo DS12SH-12 tiene las siguientes características:

- Tamaño: 120mm x 120mm x 25mm
- Tensión de operación: 12VDC
- Corriente: 300 mA
- Caudal de aire: 88 CFM (Cubic Feet per Minute)



## TEMPERATURA DEL LIQUIDO

Otro factor es la temperatura del agua, que se medirá con el sensor ds18b20 el cual es sumergible.

- Voltaje de operación: 3.0V – 5.5V DC.
- Rango de medición: -55°C hasta +125°C (-67°F a +257°F).
- Precisión en el rango de -10°C hasta +85°C:  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ .
- Cables: Rojo (+VCC), Blanco (DATA 1-Wire), Negro (GND)..
- Identificación única de 64 bits.
- Cubierta de acero inoxidable de alta calidad, previene la oxidación de la sonda.
- Longitud de cable: 1m

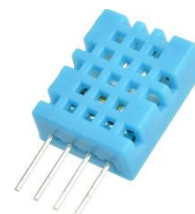


En los casos que el rango de temperatura de líquidos (18° a 24°C) sea alto o bajo, mediante leds indicadores se dará un aviso de que caso es el que corresponde, además en una aplicación para celular se mostrara los parámetros anteriores.

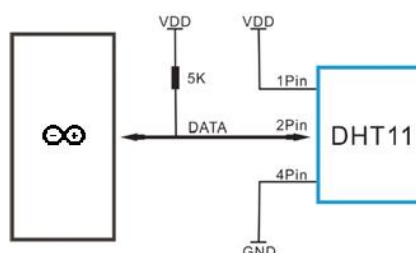
Si el usuario necesita saber la temperatura exacta de los líquidos, la misma podrá ser consultada en una pantalla de LCD.

## MEDICIÓN DE HUMEDAD Y SU CONTROL

Para medir la humedad relativa de ambiente en el invernadero, se utiliza el sensor de humedad digital DHT11, este es un sensor capacitivo, el cual mediante el dieléctrico que posee puede absorber o eliminar el vapor de agua en el ambiente, conforme a los cambios de humedad que haya en el mismo, permitiendo que la capacitancia eléctrica varíe con la humedad.



Al ser digital, este envía bits de información a través de un solo conductor de datos, lo que lo limita a ser lentos en ciertos aspectos, debido a que solo puede enviar y recibir datos una sola vez por intervalos de uno a dos segundos.



3 Diagrama de conexión de DHT11

Parámetros	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
Alimentación	3.3		5	Vdc
Corriente máxima			2.5(durante conversión)	mA
Rango de medición de humedad	20		80	%
Precisión de medición de humedad		5		%

La alternativa de este sensor fue el DHT22 el cual es la versión mejorada del mismo sensor su rango de medición de humedad relativa es 0% a 100% y su precisión es de 2% a 5%.

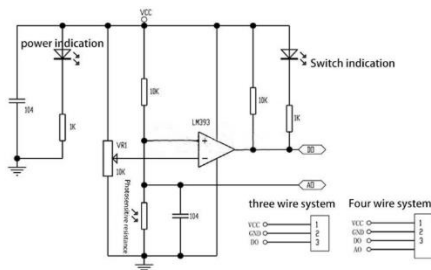
Las razones por la cual se optó por el sensor DHT11 fueron económicas ya que este tiene un menor costo.

Cuando la humedad es alta se utiliza el sistema de ventilación (el mismo que se utiliza para la temperatura) que permite que haya un cambio de aire en el ambiente por lo que la humedad relativa baja, esta activación del sistema se realiza con el uso de un módulo de relé optoacoplador explicado anteriormente.

Cuando la humedad es baja es necesario aumentar el nivel de humedad en el ambiente. Esto no será automático si no que el usuario, deberá elegir entre diferentes técnicas disponibles como el uso de humidificadores de ambiente, pulverizadores con agua, nebulizadores, para aumentar la humedad.

## MEDICIÓN DE LA ILUMINACIÓN Y SU CONTROL

Para medir el nivel de iluminación que entra al invernadero se utiliza un módulo sensor de iluminación empleando un fotorresistor (Ldr), este varia su resistencia en función de la cantidad de luz que impacta en su superficie y mediante un amplificador operacional utilizado en el modo de comparador de voltaje permite establecer valores de iluminación.



4 Diagrama eléctrico de modulo LDR

El módulo LDR se puede conectar a Arduino como entrada analógica, el cual leerá las variaciones de tensión de un valor mínimo de 0 a un valor máximo de 1023 o también se lo puede conectar como entrada digital la cual leerá dos estados, hay poca luz o hay mucha luz.

Algunas características del módulo son las siguientes:

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Conexión de 4 cables: VCC, GND, DO, AO
- Salida analógica y digital (comparador)
- amplificador operacional en modo comparador: LM393
- Potenciómetro para ajuste de comparador
- Led rojo de encendido y verde de salida digital

La alternativa que se consideró para este medidor fue, la de utilizar solo un fotorresistor conectado a una resistencia de 10KΩ que cumple la misma función del módulo, sin usar un comparador de tensión, pero debido a la poca fiabilidad de la misma no se optó por usarla.

Para controlar la iluminación se toma dos factores en cuenta, cuando la luz que llega al invernadero es poca, o en su defecto, cuando llega una cantidad optima. Cuando hay poca cantidad de luz se usará una lámpara LED, conectada a la red de alimentación de corriente alterna de 220V, la cual se activará solo en un determinado horario del día y mediante el uso de un relé optoacoplador.

Para determinar la franja horaria, se utiliza un módulo RTC (Real Time Clock) Ds3231, el mismo utiliza una interfaz de comunicación de I2C para poder enviar la información entre dispositivo y microcontrolador, dicha información consta de un conteo de segundos, minutos, horas, días, meses y años, aunque en este proyecto solo interesa la hora y minutos. Este módulo tiene incorporado una batería que se puede extraer y



le permite llevar el conteo del tiempo de forma precisa, en casos de que la alimentación principal sea interrumpida.

Algunas de las características para este dispositivo son:

- Batería de reserva para salvaguardar los datos en modo continuo
- Rangos de temperatura de funcionamiento
- Comercial: 0 ° C a +70 ° C
- Industrial: -40 ° C a +85 ° C
- Bajo consumo energético
- Reloj en tiempo real, cuenta los segundos, minutos, horas, día, fecha, mes, y año con año bisiesto, válido hasta el año 2100
- Rápido (400 kHz) Interfaz I2C
- 3.3V Operación para compatibilidad con Arduino

## POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

En el sistema el control del pH se realiza de forma manual. Para ello se utiliza un peachímetro digital, el cual indica el pH que tiene el tanque de agua.

- Marca Duaitek
- Modelo PH-METER-1
- Temperatura máxima: 60°C
- Tipo de pantalla: digital
- Rango de medición: 0.0 a 14.00 pH
- Resolución: 0.1 pH
- Temperatura de operación: 0° a 50°C

Las alternativas que se tomaron en cuenta para esta parte son, el uso de tiras reactivas para medición de pH donde se lo coloca en la sustancia a medir y esta toma un color determinado, que luego se compara con una tabla de colores que representa la cantidad de pH, esta alternativa es de bajo costo, debido a esto, su precisión no es la más optima, ya que no es posible determinar en su totalidad los valores intermedios entre un rango y otro. Además, si se utiliza colores como referencia se corre el riesgo de que el usuario no pueda ver un determinado color y por lo tanto el método

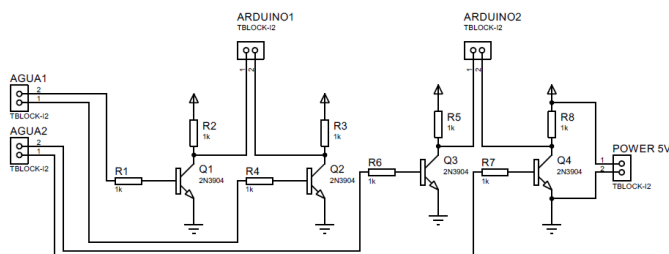
La otra alternativa que se consideró fue un medidor de pH compatible con Arduino. Esta alternativa es demasiado costosa por lo que esta opción quedó descartada.

Si el pH es muy alto (alcalino) con respecto al recomendado para el cultivo, se lo puede corregir con sustancias acidas que permita que el potencial de hidrogeno baje, para esto, se puede usar ácidos sulfúrico, nítrico, fosfórico y cítrico.

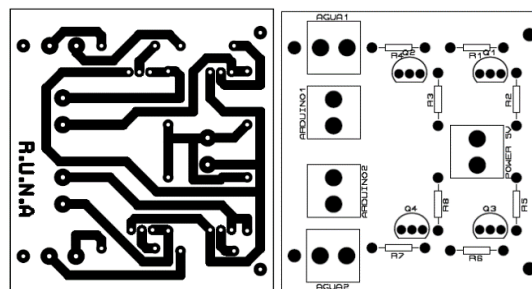
Por otra parte, si el pH es muy bajo (acido), se puede usar sustancias alcalinas para aumentar el nivel, estas sustancias pueden ser, Bicarbonato Sódico o algún regulador de pH envasado.

## NIVELES DE LÍQUIDOS DE LOS CONTENEDORES

Se utilizaron dos contenedores en el proyecto, uno corresponde al tanque de reserva, el cual tendrá el agua mezclada con los nutrientes necesarios para los cultivos y el otro corresponde al macetero donde crecerán los cultivos, en el mismo circulará el agua proveniente del tanque de reservas.



6 Diagrama eléctrico de medidor de líquidos



5 Diagrama de pistas de medidor de líquidos

Para poder determinar si los contenedores están llenos o vacíos se emplea un circuito electrónico, el cual tiene el objetivo de medir el nivel en el que está el líquido.

El circuito tiene el siguiente funcionamiento: se conectan 3 cables a cada recipiente, uno de ellos es el común, el cual se conecta a la base de los contenedores. Los otros dos conductores son los

sensores que estarán colocados uno encima de otro, cuando el agua toque el cable común y también el primer cable, el circuito se cerrará con el agua, excitando la base de un transistor, la que da una señal al Arduino para que envíe los avisos pertinentes. Con este principio se comporta el resto de conductores.

Esta opción de medir el nivel de líquidos se optó debido a que es práctico para utilizar y también económico, ya que si se quiere usar sensores de líquidos entonces se tiene que obtener uno por cada nivel que se quiera medir.

## RECIRCULACIÓN DEL AGUA

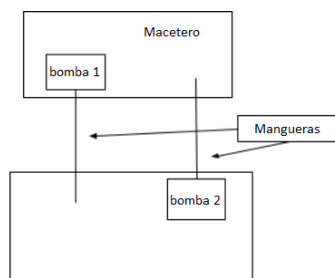
Para lograr que las plantas tengan agua suficiente constantemente, se emplean dos bombas de pecera. Estas se ubican dentro de cada recipiente. Una de ellas se encarga de llenar el macetero cada vez que los cultivos absorban cierta cantidad del agua, y la otra bomba se utiliza para no generar un estancamiento, además, permitiendo oxigenar el agua.

Características de las bombas:

- Tensión de alimentación: 2.5 a 6 V en C.C
- Caudal: 80-120 litros/hora
- Material: Plástico
- Diámetro exterior de la salida del agua: 7.5 mm/0.3''
- Diámetro interior de la salida del agua: 4.7 mm/0.18''



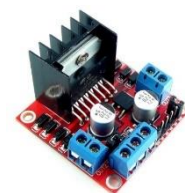
La disposición de las bombas es la siguiente:



La activación de las bombas se realizará mediante pulsos digitales, estos se enviarán un módulo L298N doble puente H. Este es un módulo que permite controlar 2 motores de C.C o un motor paso a paso unipolar/bipolar. Permitiendo controlar la velocidad y la dirección de giro de los motores.

Características de módulo L298N:

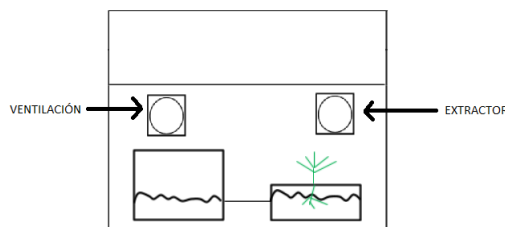
- Canales: 2 (soporta 2 motores DC o 1 motor PAP)
- Voltaje lógico: 5V
- Voltaje de potencia (V motor): 5V - 35V DC
- Consumo de corriente (lógico): 0 a 36 mA
- Capacidad de corriente: 2A (picos de hasta 3A)
- Potencia máxima: 25W



## OXIGENACIÓN EN EL AMBIENTE

La oxigenación del ambiente o intercambio de gases (dióxido de carbono y oxígeno) se hizo mediante dos ventiladores, uno correspondiente al sistema de ventilación y el otro implementado para la extracción, los modelos son D12SH-12.

Estos se activan mediante un módulo de relé optoacoplado, el cual en determinados horarios del día se activará durante dos minutos para generar una circulación de aire que beneficie el cultivo.



## INDICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL INVERNADERO

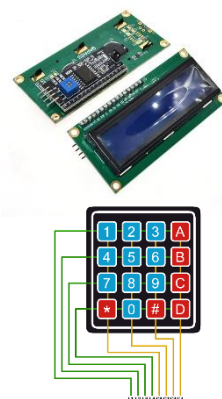
Para que el usuario pueda ver en qué condiciones se encuentra el ambiente dentro de la estructura, se utilizan dos métodos.

Visualización mediante un display LCD (Liquid Crystal Display) cuyo modelo es el 1602A. Es una pantalla que consta de 16 columnas y 2 filas. Este permite ver un menú que en conjunto con un teclado matricial 4x4 se puede seleccionar que se desea saber. Entre los parámetros que se pueden ver está, la temperatura ambiente, la humedad relativa, el nivel de líquido y la temperatura de líquidos.

El usuario podrá determinar el rango de temperatura y humedad que tendrán los cultivos, en el caso de que desee colocar otros cultivos dentro del invernadero. Esto se realiza mediante el teclado, guiándose con el menú que presenta el display.

Esta pantalla viene acompañada por un dispositivo soldado a la misma que le permite tener la comunicación por I2C con el microcontrolador, esto facilita la conexión de la pantalla ya que solo requiere los cables de alimentación (VCC y GND) y los cables correspondientes para el I2C (SDA y SCL).

El teclado matricial permite que a la hora de ser presionado alguno de sus caracteres, enviará un pulso en estado lógico ALTO el cual el Arduino leerá y mediante la programación hará que el display muestre en su pantalla lo que se necesite visualizar.



La segunda forma de mostrar las variables del invernadero es mediante el uso de un módulo Bluetooth HC-05.

Para poder visualizar las variables con este método, es necesario un teléfono celular, en el que se deberá instalar un programa llamado "Invernadero RUNA". Al conectar el programa con el módulo, se empezará a mostrar de forma ordenada y simple toda la información del invernadero.

Algunas características de este módulo son:

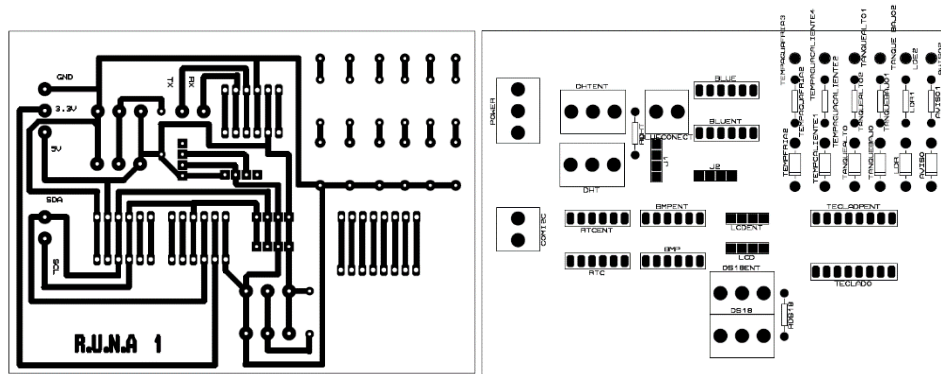
- Voltaje de operación: 3.6V - 6V DC
- Consumo corriente: 50mA
- Frecuencia: Banda ISM 2.4GHz
- Modulación: GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)
- Alcance 10 metros
- Velocidad de transmisión: 1200 bps hasta 1.3Mbps
- Baudios por defecto: 38400





## CONEXIÓN ENTRE EL MICROCONTROLADOR Y LOS DISPOSITIVOS

La forma en la cual el microcontrolador se conecta con los dispositivos o periféricos es a través de una plaqueta electrónica.



7 Diagrama de pistas de conexión a Arduino

Para poder tener el sistema de control en funcionamiento, se lo conecta a una alimentación de 5V que son obtenidos de una fuente ATX de 500W



## CONSTRUCCIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO

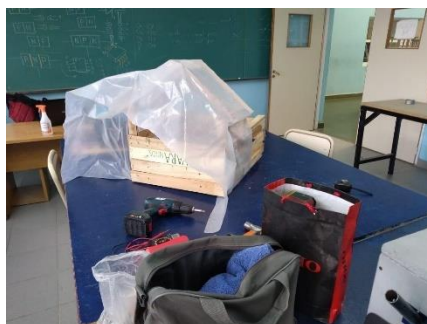
La construcción del primer prototipo se realizó con maderas obtenidas de cajones de frutas, las cuales fueron unidas con clavos y tornillos siguiendo como referencia la estructura diseñada en el software 3D.



8 Primer prototipo

Este se divide en dos partes, una con un techo plano, donde iría colocado el sistema de control, y otra parte con un techo a dos aguas, donde irían las plantas.

Luego a esta estructura se colocó un nailon, que cumple la función de crear un ambiente cerrado para el cultivo.



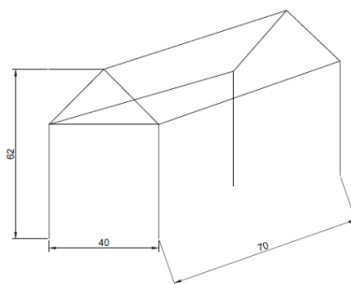
9 Primer prototipo cubierto

Este prototipo fue descartado debido a que la madera utilizada es muy frágil y puede quebrarse si el peso es excesivo, además, este tipo de material puede pudrirse y ablandarse si la humedad del ambiente es muy alta.

## CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO FINAL

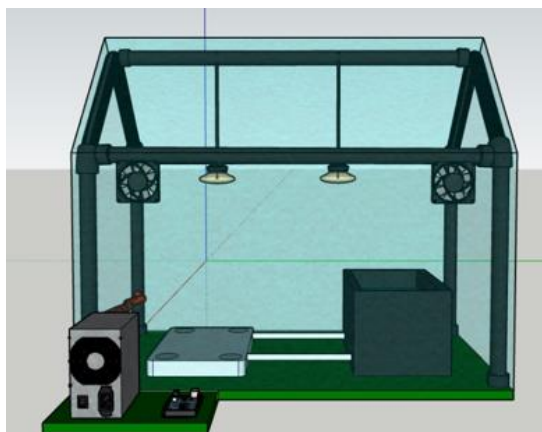
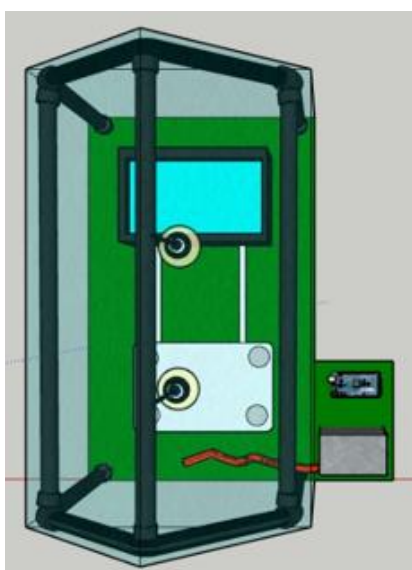
### ARMADO DE LA ESTRUCTURA

La construcción del prototipo final se realizó en base a un croquis que muestra parcialmente las dimensiones y la forma, el mismo se ve de la siguiente forma:



10 Croquis de maqueta final

Esta estructura respeta la forma de “a dos aguas” y dentro de la misma se siguió la siguiente distribución:



11 Diseño 3D de maqueta final



En esta distribución se coloca en una parte lateral la fuente de alimentación y el sistema de control representado por la placa Arduino. Dentro del invernadero está ubicado los ventiladores de extracción y ventilación. las luminarias led (iluminación artificial) e incandescente (calefacción), se encuentran sobre las plantas. Por último, están colocados dentro del invernadero los contenedores, tanto de reserva como el macetero.

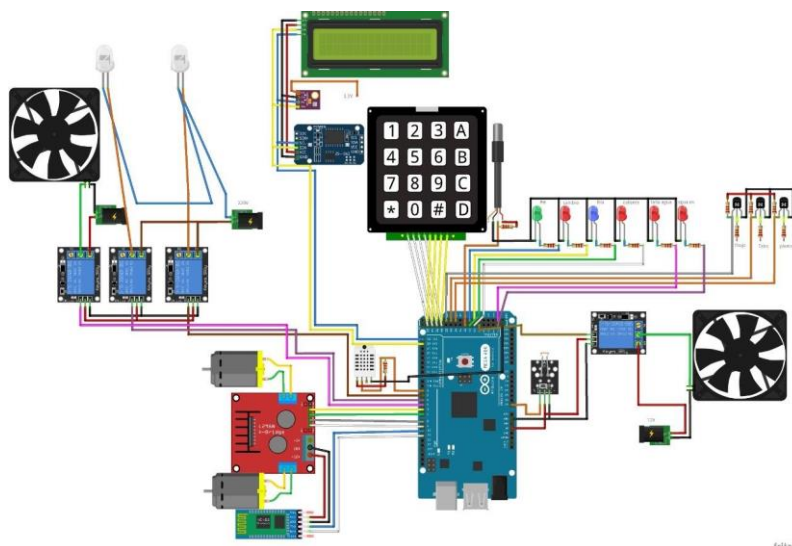
La estructura se hizo con tubos PVC de 25mm, uniones a 45° hembra-hembra, uniones a 90° hembra-hembra, tornillos; tuercas, madera y nailon. Se utilizaron estos materiales debido a que los mismo presentan una rigidez y una mayor fiabilidad con respecto al primer prototipado.



12 Montaje de la maqueta final

## SISTEMA DE CONTROL

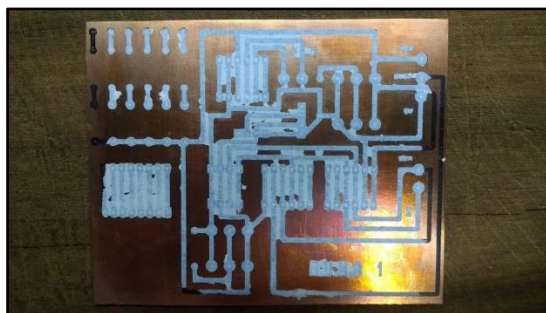
El sistema de control se realizó conectando las placas electrónicas, módulos y sensores directamente al microcontrolador Arduino Mega 2560, siguiendo el siguiente esquema:



13 Conexionado de módulos a arduino

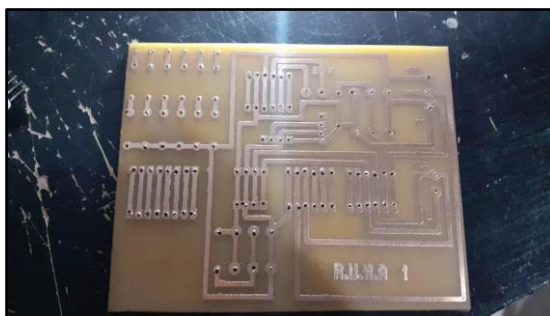
Antes de conectar todo al microcontrolador, se utilizó la placa de conexión Arduino-Periféricos. Para realizar este, se tuvo que usar una placa de cobre y con el software Proteus, diseñar el diagrama eléctrico y de pistas (ver figura 8).

Con los diagramas de pistas finalizado, se lo imprimió en una hoja de ilustración y luego se plancho la en la placa de cobre.



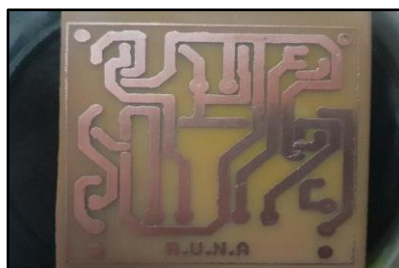
14 Diagrama de pistas planchado

Con esta plaqueta planchada, se lo paso a Cloruro Ferrico que quema el cobre y no donde la pistas están marcadas. La plaqueta quemada se ve así:



15 Diagrama de pistas quemado

El mismo procedimiento se realizó con la placa de nivel de líquidos



17 Diagrama de pistas de nivel de líquidos planchado y quemado

Con estas dos plaquetas montadas, se procedió a armar todo el sistema de control, ya sea soldando cables de conexión, fichas hembras para conexiónado, instalando los cables para los sensores, colocándolo en su gabinete, etc.



16 Montaje de sistema de control estructura

## INICIO Y FUNCION DEL PROGRAMA

Para que cada parte del sistema de control funcione, necesitará de una programación que le indique que hacer bajo ciertas circunstancias.

Esta programación consta a grandes rasgos, de un menú de selección de parámetros de temperaturas y humedades (máximas y mínimas) donde el usuario ingresará los valores que desee para sus cultivos, una vez confirmados se verá un menú donde indica que botón hay que pulsar para ver el valor de la temperatura y la humedad ambiente, junto con la opción de cambiar de menú.

En el segundo menú se podrá mostrar el si el agua de la temperatura esta en un rango optimo o no y si el tanque de agua está lleno, medio o vacío.

Durante el transcurso que se muestra los menús posteriores al de selección de parámetros, el microcontrolador estará registrando los valores de temperatura de ambiente y de agua, los valores de humedad, si la temperatura es baja o alta, si la humedad es excesiva, si hay que ventilar el ambiente; establecer el nivel de líquidos, si las bombas tienen que ser accionadas, si es necesario compensar la iluminación, si hay que medir el pH o cambiar el agua y finalmente de enviar todos los datos necesarios a la aplicación celular.

El diagrama de flujo de la programación estará anexado en una carpeta, la misma podrá ser accedida a través de un código QR en la sección de bibliografía.

## APLICACIÓN MOVIL

Una forma de visualización las variables, es con el programa para celular donde se podrá ver los valores de temperatura ambiente y líquido, la humedad relativa, estados de la calefacción, iluminación, ventilación y el estado de los niveles de líquidos en los recipientes. Además, se podrá ver si se tiene que hacer con la medición de pH o el cambio de agua.

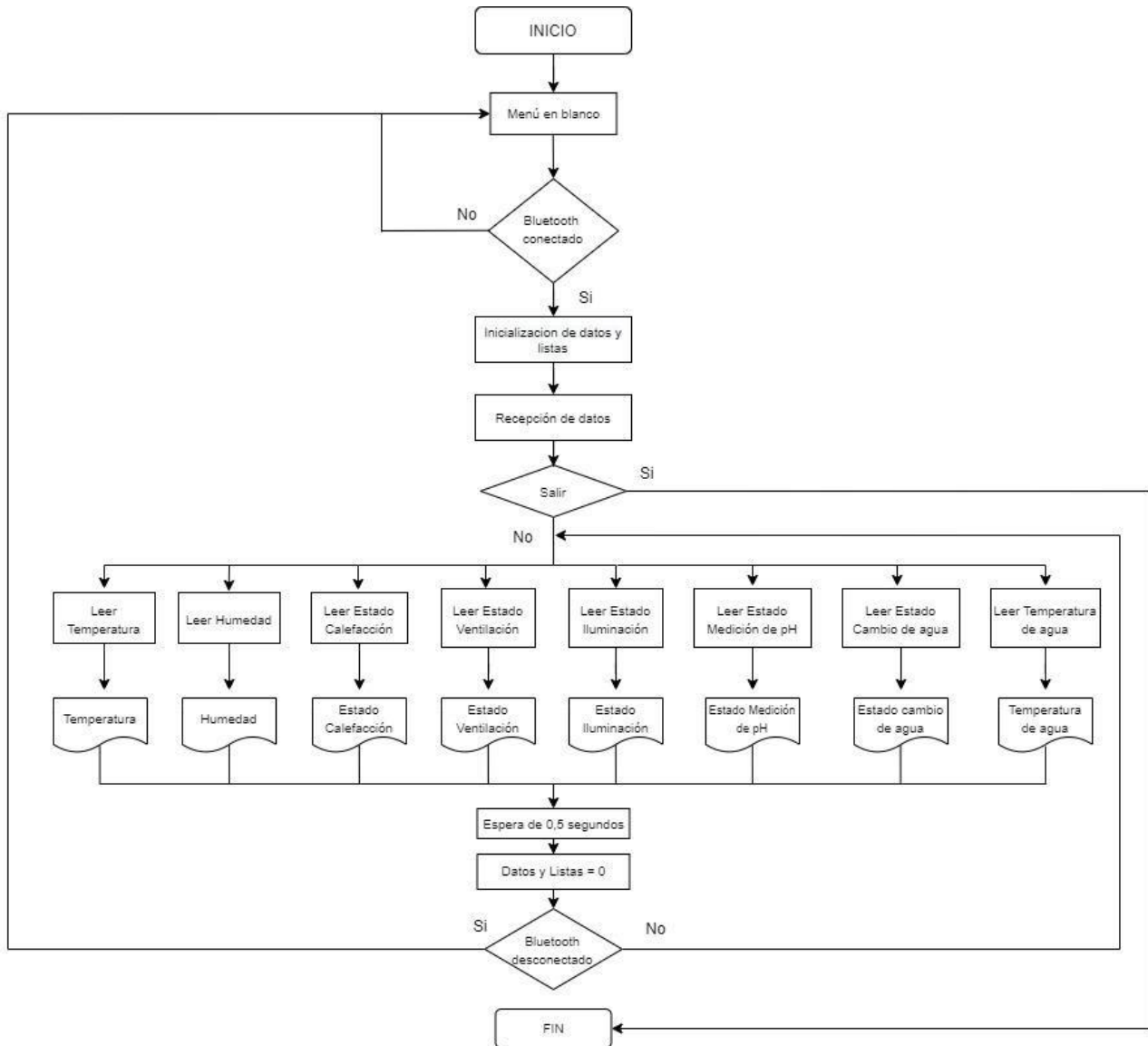
Cuando el bluetooth está conectado se podrá visualizar los siguiente en el celular:



En los casos de que no esté conectado, se verá lo siguiente:



El diagrama de flujo por lo cual la aplicación funciona es el siguiente:



Donde el programa inicia y se muestra un menú en blanco, cuando el bluetooth es conectado la aplicación empieza a funcionar e inicializa una lista y datos para que pueda procesar la información y guardarlo en una variable única en cadena (string), una vez realizado esto, empieza a administrar la información transmitida por el módulo Bluetooth. Entonces, la misma empieza a leer los datos y los imprime en la pantalla del celular.

Una vez se imprime todo en la pantalla, se hace una espera de 0,5 segundos, y la lista-datos se coloca a un valor a 0, donde permite que se vuelva leer e imprimir todo de vuelta y el ciclo se vuelve a repetir siempre y cuando el bluetooth no se desconecte, en caso de que si se desconecte entonces se mostrará un menú en blanco como antes de ser conectado el bluetooth.



## RESULTADOS FINALES

Una vez realizada la puesta a punto del sistema de control, se procedió a realizar una prueba para determinar su efectividad. Para realizar esto se tuvo que trasplantar los cultivos elegidos adentro de la estructura, como se muestra en las imágenes.



17 Sistema de control en un invernadero

Con los cultivos ya trasplantados, en el tanque con agua se midió el pH el cual marcaba un valor cercano de 5.5 a 6, y con esto se procedió a mezclar los nutrientes hidropónicos necesarios usando de guía la siguiente tabla:

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Etapa	Enraizamiento 5.5 pH 300-500 PPM		Vegetación 5.5 PH 500-600 PPM			Floración 5.6 – 6.5 PH 800-1200 PPM										Lavado de raíces 6 - 6.5 pH 0-50 PPM
HidroVege	1.5 ml/L		2 ml/L				2 ml/L			1-1.5 ml/L						
HidroMicro	1.5 ml/L		2 ml/L							2 ml/L						
HidroMacro	1.5 ml/L		2 ml/L							2 ml/L						
HidroPlusPK										2-4 ml/L						

Se utilizó 4 litros de agua por lo que se tuvo que colocar 8 mililitros de las soluciones nutritivas para la etapa de vegetación con una jeringa y con lo anterior, se procedió a conectar el sistema de control. Una vez estaba en funcionamiento, se seleccionó los parámetros de temperatura y humedades para los cultivos. Con todo especificado el resto de los diferentes dispositivos funcionaron.

Durante las pruebas el sistema de control funcionó de la siguiente forma:

- En los casos de que haya poca iluminación y este dentro del rango de horario fijado, la lámpara led encendía correctamente.
- Cuando en el macetero de los cultivos el nivel de líquido bajaba, la bomba del tanque funcionaba y reponía el suministro de agua.
- En los horarios fijados en la programación, el ventilador, el extractor y la bomba de la macetera; funcionaban de forma correcta.
- En los casos de que la temperatura era baja, se encendía la lámpara incandescente de calefacción.

Además, durante el transcurso de la prueba, los cultivos se mantuvieron buenas condiciones y se pudo visualizar el crecimiento tanto de la lechuga como de la acelga.

## DISCUSION

Tomando en cuenta los objetivos fijados en este trabajo como la realización del mismo, a continuación, se presenta las diferentes opiniones de los integrantes del grupo con respecto a que se pudo haber optado.

- Se pudo haber realizado la estructura con tubos de termofusión, para evitar problemas a la hora de unir las partes.
- La iluminación podría ser de cultivos en vez de una lampara led, para mejorar el desarrollo de los cultivos.
- La distribución y forma del macetero para los cultivos pudo ser de otra forma, así optimizar al máximo el espacio.
- Se pudo haber utilizado timers para controlar el funcionamiento de las bombas.
- Se podría haber utilizado un sensor de pH que se pueda incorporar dentro del sistema de control automatizando al máximo el sistema.

Por más de que las opiniones anteriores sean validas, el sistema de control se comportó dentro de los parámetros establecidos y cumple con el objetivo de controlar el ambiente que crea dentro de la estructura del invernadero.

## CONCLUSION

Según el funcionamiento del sistema de control durante la prueba, se puede determinar que la misma, es capaz de regular el ambiente para que los cultivos puedan subsistir. Ya que, es capaz de actuar en los casos de que la temperatura sea baja y la humedad sea alta. Además, permite la circulación del agua, oxigenación y ventilación del lugar, haciendo posible que los usuarios le tengan que prestar una menor cantidad de atención a sus cultivos, así como también facilitando las tareas de cuidado de las plantas.

Un limitante para poder determinar si el sistema funciona en su totalidad es el tiempo establecido, haciendo imposible saber si las plantas cultivadas tienen la calidad deseada.

## MEJORAS A FUTURO

- Control total por celular. Si bien el sistema final permite ver parámetros desde del celular, una mejora a futuro puede ser que el sistema se controle y se visualice por el teléfono móvil.
- Módulo de WI-FI: Utilizar un módulo WI-FI para poder visualizar y modificar los parámetros del invernadero desde cualquier parte y dispositivo con conexión a internet.
- Colocar más espacios para el crecimiento de las plantas, tanto vertical como horizontalmente.
- La medición del pH, cambio de agua y colocación de nutrientes sea automática.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al equipo de profesores, por el asesoramiento y consejos brindados en el desarrollo de este proyecto final.

También, se agradece a los integrantes de este grupo de trabajo por su compromiso y dedicación.

A nuestras familias por apoyarnos en el transcurso y desarrollo de toda la tecnicatura.



# BIBLIOGRAFIA

## ARTICULOS

- Cremona María Victoria y Enriquez Andrea Soledad (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: el pH y la conductividad eléctrica. *Presencia XXXI*, (73), 5- 8.  
[https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7709/INTA\\_CRPatagoniaNorte\\_EEABariloche\\_Cremona\\_MV\\_Algunas\\_Propiedades\\_Del\\_Suelo\\_Que\\_Condicionan\\_Su\\_Comportamiento.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7709/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Cremona_MV_Algunas_Propiedades_Del_Suelo_Que_Condicionan_Su_Comportamiento.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

## LIBROS EN LINEA

- Iglesias Norma (2006), *Produccion de hortalizas bajo cubierta: Estructuras y manejo de cultivo para la Patagonia Norte*. INTA. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta\\_2006.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta_2006.pdf)

## INFORMES

- Unicef (2019). *El estado mundial de la infancia 2019. Niños, alimentación y nutrición: crecer bien en un mundo en transformación*. <https://www.unicef.org/media/61091/file/Estado-mundial-infancia-2019-resumen-ejecutivo.pdf>

## BLOGS

- Mengual Joan. (s.f). *Módulo de reloj para Arduino*. electrojoan. <https://electrojoan.com/modulo-de-reloj-para-arduino/>
- Mengual Joan. (s.f). *Sensores de luz tutorial*. electrojoan. <https://electrojoan.com/sensores-de-luz-tutorial/>

## PAGINAS WEB

- Naylamp Mechatronics. (s.f). *Driver puente en H L298N 2A*. <https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html>
- Naylamp Mechatronics. (s.f). *Modulo Bluetooth HC05*. <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/43-modulo-bluetooth-hc05.html>
- Naylamp Mechatronics. (s.f). *Modulo sensor LDR*. <https://naylampmechatronics.com/sensores-luz-y-sonido/135-modulo-ldr.html>
- Naylamp Mechatronics. (s.f). *Sensor de temperatura digital DS18B20*. <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/16-sensor-de-temperatura-digital-ds18b20.html>
- Yate Loon. (s.f). *DC fan series*. <https://www.yateloon.com/en/product-38837/DC-FAN-SERIES-120x120x25.html>

Para poder obtener información extra, con respecto a datasheets, bibliografía, programación y diagrama de flujos.

Con su celular, escanee el código QR con alguna aplicación que le permita realizarlo y será dirigido a una carpeta donde encontrará dichos materiales.

