

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

CONTROLADOR AUTOMATIZADO PARA EL CULTIVO DE CANNABIS MEDICINAL

Trabajo de Titulación para optar al Título de
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN ELECTRÓNICA

Alumno:

Kevin Anthony Fuentealba Cuevas

Profesor Guía:

Ing. Sergio Riquelme Bravo

Profesor Correferente:

Ing. José Llantén Álvarez

2023

RESUMEN

KEYWORDS: CANNABIS, FITOCANNABINOIDE, TERPERNOS, FLAVONIODE, ARDUINO, RASPBERRY, SENSOR, CULTIVO, CONTROLADOR.

En el presente trabajo de título se dará a conocer como el cannabis medicinal logra tener efectos terapéuticos en los seres humanos, sus diferentes componentes y cómo se relacionan con el organismo, además de cuáles son las enfermedades en particular son tratadas con cannabis.

Se identificarán las diferentes problemáticas que se tienen al momento de cultivar esta planta medicinal, junto de cómo se solucionan y qué tipo de dispositivo funciona para ello.

Se presentará el objetivo general y los objetivos específicos de este trabajo de título.

Posteriormente se expondrá la propuesta que consiste en controlar y automatizar todos los procesos ambientales y de alimentación del cultivo de cannabis, junto con los componentes que se requieren para desarrollar la propuesta.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: EL CANNABIS MEDICINAL Y SU FORMA DE CULTIVO	1
1. EL CANNABIS MEDICINAL Y SU MANERA DE CULTIVO	2
1.1 EL CANNABIS EN LA ACTUALIDAD	2
1.1.3. El cannabis medicinal en otros países	3
1.1.4. El cannabis medicinal en Chile	5
1.1.3. El uso terapéutico del cannabis en Chile	5
1.2. EL CANNABIS COMO MEDICINA Y MÁS	6
1.2.1. Cannabinoides	7
1.2.2. Flavonoides	9
1.2.3. Terpenos	10
1.2.4. Sistema endocannabinoide	11
1.2.5. Efecto séquito	12
1.2.6. Enfermedades y patógenos en los cuales se puede suministrar cannabis medicinal	12
1.3. CULTIVO DE CANNABIS MEDICINAL	13
1.3.1. Errores comunes	13
1.3.2. Parámetros ideales	14
1.3.3. Elementos para controlar los parámetros	15
1.4 PROPUESTA	18
1.5 COMPONENTES DEL PROYECTO	18
1.5.1 Raspberry Pi 3B+	19
1.5.2 Arduino UNO R3	20
1.5.2 Sensor DHT22	20
1.5.2 Sensor MG811	21
1.6. OBJETIVOS DE PROYECTO	22

1.6.1. Objetivo General	22
1.6.2. Objetivos Específicos	22
CAPITULO 2: DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR	23
2.1. FUNCIÓN Y CONEXIÓN DE LOS COMPONENTES	24
2.1.1. Función de las tarjetas de desarrollo y componentes	24
2.1.2. Conexiones y empaquetado principal del prototipo	25
2.2. ESTRATEGIA PARA PROGRAMAR EL PROTOTIPO Y LA APLICACIÓN MÓVIL	28
2.3. PROGRAMACIÓN DEL PROTOTIPO	29
2.3.1. Selección de ciclo y otras variables	29
2.3.2. Programación y lógica del Arduino	31
2.3.3. Programación y lógica de la Raspberry Pi 3B	33
2.4. BASE DE DATOS Y APLICACIÓN PARA TELÉFONO MÓVIL	36
2.4.1. Firebase	36
2.4.2. MIT app inventor	37
CAPÍTULO 3: RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN, Y COSTOS DE PROYECTO	40
3. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN, Y COSTOS DEL PROYECTO	41
3.1. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN	41
3.1.1. Empaquetado del prototipo	41
3.1.2. Funcionamiento del controlador	44
3.2. CONSIDERACIONES	46
3.3. POSIBILIDADES DE MEJORAMIENTO DEL PROYECTO	47
3.4. COSTOS DE PROYECTO	47
3.4.1. Proveedores de componentes y materiales	47
3.4.2. Evaluación de costos por mano de obra	48
3.4.3. Costos finales del proyecto	49
CONCLUSIONES	51

BIBLIOGRAFÍA

52

ANEXOS

54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1. LOS MULTIUSOS DEL CANNABIS	3
FIGURA 1-2. CLIENTES EN UNA TIENDA DE CANNABIS EN WINNIPEG, MANITOBA (CANADÁ)	4
FIGURA 1-3. CHILENO DETENIDO EN INDONESIA POR PORTAR SEMILLAS DE CANNABI	4
FIGURA 1-4. RECETA MÉDICA REALIZADA EN CANNABIMED	6
FIGURA 1-5. TRICOMAS DEL CANNABIS	7
FIGURA 1-6. PROPIEDADES MEDICINALES DE ALGUNOS FITOCANNABINOIDES	8
FIGURA 1-7. SISTEMA ENDOCANNABINOIDE CB1 Y CB2	11
FIGURA 1-8. AMPOLLETA DE HALURO Y SODIO DE 250W	15
FIGURA 1-9. DESHUMIDIFICADOR Y HUMIDIFICADOR	16
FIGURA 1-10. EXTRACTOR DE 100 MM	17
FIGURA 1-11. BOMBA DE AGUA	17
FIGURA 1-12. BOMBONA CO2	18
FIGURA 1-13. RASPBERRY PI 3B+	19
FIGURA 1-14. ARDUINO UNO R3	20
FIGURA 1-15. SENSOR DHT22	21
FIGURA 1-16. SENSORMG811	21
FIGURA 2-1. PROTOTIPO DEL CONTROLADOR	26
FIGURA 2-2. CONEXIONES DEL PROTOTIPO.	27
FIGURA 2-3. EJEMPLO DE DOCUMENTO DE TEXTO	31
FIGURA 2-4. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LÓGICA DEL ARDUINO.	32
FIGURA 2-5. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LÓGICA DE LA RASPBERRY PI 3B	35
FIGURA 2-6. LOGO FIREBASE	36
FIGURA 2-7. BASE DE DATOS CREADA EN FIREBASE	37
FIGURA 2-8. LOGO MIT APP INVENTOR	38
FIGURA 2-9. PROGRAMACIÓN REALIZADA EN MIT APP INVENTOR	38
FIGURA 2-10. APLICACIÓN REALIZADA EN MIT APP INVENTOR	39

FIGURA 3-1. PROTOTIPO ABIERTO	42
FIGURA 3-2. PROTOTIPO CERRADO	43
FIGURA 3-3. ARDUINO CON RESPECTIVOS SENSORES.	43
FIGURA 3-4. CONSOLA DE COMANDO CON EL PROGRAMA CORRIENDO.	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Conexión del módulo de 8 relés a la Raspberry	27
Tabla 2-2. Conexión de los sensores al Arduino	28
Tabla 2-3. Ciclo de la planta variable a seleccionar parte 1	30
Tabla 2-4. Ciclo de la planta variable a seleccionar parte 2	30
Tabla 3-1. Conexión de los dispositivos	44
Tabla 3-2. Proveedores por componente y/o material.	47
Tabla 3-3. Costos por mano de obra	49
Tabla 3-4. Costos finales por cada componente y material.	49
Tabla 3-5. Costo final del proyecto desarrollado.	50

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

A. SIGLA

+VCC	: Voltaje en corriente continúa.
GND	: Tierra (Ground).
CC	: Corriente continua.
CA	: Corriente alterna.
THC	: Tetrahidrocannabinol.
CBD	: Cannabidiol.
EC	: Electroconductividad.
UV	: Radiación Ultravioleta.
CO2	: Dióxido de carbono.
pH	: Medida de acidez o alcalinidad que indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una solución o sustancia.
CSI	: Interfaz serial de cámara.
HDMI	: Interfaz multimedia de alta definición.
USB	: Bus universal en serie.
DSI	: Interfaz serie de pantalla.
Micro SD	: Micro Seguro Digital.
Micro USB	: Micro bus universal serial.
PoE	: Energía sobre Ethernet.
RAM	: Memoria de acceso aleatorio.
EPROM	: Memoria de solo lectura programable y borrable.
PVC	: Policloruro de vinilo.

B. SIMBOLOGÍA

m	: Metros.
---	-----------

cm	: Centímetro.
mm	: Milímetro.
ms	: Milisegundo.
us	: Micro-segundo.
Lt	: Litro
MI	: Mililitro
mA	: Miliamperios.
Ohms	: Unidad de medida de resistencia.
K ohms	: Kilo Ohms.
Hz	: Hertz, unidad de medida de frecuencia.
KHz	: Kilo-Hertz.
MHz	: Mega-Hertz.
GHz	: Giga-Hertz.
KB	: Kilobyte.
Mbps	: Megabits por segundos.
Ppm	: Partes por millón.
°C	: Grados Celsius.
V	: Volt, unidad de medida de Potencial eléctrico.
A	: Amper, unidad de medida de Corriente eléctrica.
Ω	: Ohm, unidad de medida de Resistencia eléctrica.

INTRODUCCIÓN

El cannabis, también conocida como marihuana, ha estado presente en la historia de los seres humanos desde hace miles de años, siendo usada a nivel mundial, como es el caso del cáñamo que es una variedad del cannabis que ha contribuido a la manufacturación de distintos textiles, combustible, alimento para animales, entre otras. Por otro lado, el cannabis sirve para tratar diferentes tipos de enfermedades y patologías que algunos seres vivos padecen, debido a esto es que se cultiva esta planta medicinal, sin embargo, no todos tienen el conocimiento, ni el tiempo requerido para el correcto cultivo de esta planta, causando que se pierda la cantidad, calidad y potencial medicinal de los frutos a cosechar.

Este trabajo de título está orientado a ayudar a estas personas que no tienen el tiempo, o el conocimiento para lograr, que la planta de cannabis se desarrolle correctamente, manteniendo parámetros ambientales ideales, junto con una correcta alimentación, sin sufrir de excesos y carencias.

Todo esto controlado y automatizado con Raspberry y monitoreado desde una aplicación del celular para que los usuarios puedan visualizar su cultivo desde cualquier lugar.

CAPÍTULO 1: EL CANNABIS MEDICINAL Y SU FORMA DE CULTIVO

1. EL CANNABIS MEDICINAL Y SU MANERA DE CULTIVO

En este capítulo se dará a conocer como el cannabis ha ayudado en la actualidad a los seres humanos, cómo se presenta el cannabis medicinal en Chile, además de describir la mayoría de los componentes que tiene el cannabis y sus propiedades medicinales, junto con las enfermedades y patógenos que este ayuda día a día a lo largo del mundo.

Se explicará cómo se lleva a cabo los preparados medicinales que se pueden hacer de forma casera y su forma de consumo, aparte se expondrán los diferentes tipos que existen de cannabis, diferenciando cuál de estos grupos tiene mejores y mayores propiedades medicinales.

Se presentará la problemática que las personas tienen al cultivar esta planta y se identificarán los parámetros necesarios para que esta se desarrolle de forma óptima, junto con eso se mostrará una propuesta de cómo controlar y automatizar todo el proceso de cultivo del cannabis. Finalmente se conocerán las características de los microcontroladores y componentes que se utilizarán para desarrollar la propuesta señalada.

1.1 EL CANNABIS EN LA ACTUALIDAD

A nivel mundial el cáñamo variedad del cannabis, es utilizado en la industria textil (vestuario, cuerdas y papel), se consumen las semillas o se producen alimentos a base de estas semillas por el aporte nutricional que tiene, ya que contiene proteína vegetal, fibra, omega 3 y diferentes minerales, además con el cannabis se producen productos de higiene personal, también es utilizado en el mercado negro como droga narcótica y psicotrópica para un grupo minoritario de personas, el último uso que esta planta tiene, es el de medicinal natural, el cual se enfatizará en este trabajo de título.

En la figura 1-1 se puede apreciar los diferentes multiusos que tiene el cannabis que se nombraron anteriormente y algunos otros usos.



Fuente: <https://www.facebook.com/Fundamaru/photos/a.195830164110100/376982129328235/?type=3&theater>

Figura 1-1. Los multiusos del cannabis

1.1.3. El cannabis medicinal en otros países

En todos los países se tienen diferentes leyes respecto al cannabis medicinal; en Canadá es legal el cultivo y consumo, tanto medicinal como recreacional, por lo cual ha crecido enormemente la industria alrededor del cannabis, ya que existen empresas que cultivan a gran escala, además existen dispensarios para que los usuarios puedan acceder a esta, como se muestra en la figura 1-2, y también existe varias compañías que crean productos a base de cannabis o productos innovadores para el consumo de cannabis, además gracias a esta legalización se obtienen diferentes trabajos, y dinero para el estado, con los impuestos generados en este nuevo mercado. Canadá es un ejemplo de países que han legalizado el cannabis.



Fuente: https://ep01.epimg.net/sociedad/imagenes/2018/10/17/actualidad/1539800564_486081_1539802007_noticia_normal_recorte1.jpg

Figura 1-2. Clientes en una tienda de cannabis en Winnipeg, Manitoba (Canadá)

Luego están países donde es ilegal el cannabis teniendo castigos severos por el porte o uso de este, un ejemplo es Indonesia donde la posesión de cannabis según su cantidad supone entre 4 a 12 años de cárcel con fianzas de \$10.000 dólares, tener 1 kilo de marihuana es cadena perpetua, y tener sobre esta cantidad significa pena de muerte para el individuo, así existen variados países con leyes estrictas por el porte o consumo de cannabis.

En la figura 1-3 se puede observar una fotografía de un chileno que fue detenido en Indonesia solo por portar semillas de cannabis.



Fuente: <https://media.elmostrador.cl/2019/03/CHILENO-BALI-MARIHUANA-700x394.jpg>

Figura 1-3. Chileno detenido en Indonesia por portar semillas de cannabis




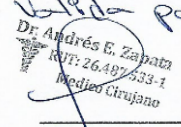
1.1.4. El cannabis medicinal en Chile

En Chile la ley que rige al cannabis es la ley 20.000, la cual en pocas palabras autoriza al usuario a cultivar, portar y consumir cannabis, mientras sea para uso personal y próximo en el tiempo, ya sea de forma medicinal o recreacional, esta última no se suele respetar por las autoridades del país pese a que las leyes dicen lo contrario, por lo cual, dependiendo de la situación del usuario, puede tener condenas de cárcel y la apropiación del cannabis que tenga o todas sus plantas. La mejor forma de defenderse de la justicia es demostrando que es para uso medicinal.

1.1.3. El uso terapéutico del cannabis en Chile

Cualquier persona se puede automedicar con cannabis según la enfermedad o patógeno que padezca, pero siempre es mejor consultar con un profesional del área de la salud. Para aquello existen varios centros médicos especializados en el uso de cannabis como lo es Cannabimed. Esta institución es atendida por profesionales de la salud, de este modo ellos son capaces de señalar cuántas dosis de cannabis son necesarias para tratar de forma paliativa o definitiva aquella enfermedad y que tipo de fitocannabide es el adecuado para ti, junto con que raza de cannabis es la que tiene más porcentaje de este.

Teniendo presente lo anteriormente señalado, el médico entrega en una receta médica como se muestra en la figura 1-4, y esto ayuda bastante para no tener problemas judiciales y avalar el consumo de cannabis de forma medicinal.

<p>Dr. Andrés Eloy Zapata RUT: 26.487.533-1 David Cortés 827, Quilpué. e-mail: fcannabimed@gmail.com Fono: 9 8210 6099 www.cannabimed.cl</p>		<p>Dr. Andrés Eloy Zapata RUT: 26.487.533-1 David Cortés 827, Quilpué. e-mail: fcannabimed@gmail.com Fono: 9 8210 6099 www.cannabimed.cl</p>	
<p>Nombre de paciente: <u>Kevin Fuentealba Cuevas</u></p>		<p>Nombre de paciente: <u>Kevin Fuentealba Cuevas</u></p>	
<p>RUT: <u>19.614.535-4</u> Edad: <u>22</u> Fecha: <u>30-04-20</u></p>		<p>RUT: <u>19.614.535-4</u> Edad: <u>22</u> Fecha: <u>30-04-20</u></p>	
<p>Domicilio: <u>Vista al Mar 55</u> Comuna: <u>Vina del Mar</u></p>		<p>Domicilio: <u>Vista al mar 55</u> Comuna: <u>Vina del Mar</u></p>	
<p>Diagnóstico: <u>Tiastorno del Sueño</u></p>		<p>Diagnóstico: <u>Tiastorno del Sueño</u></p>	
<p>Rp.</p> <p>- Aceite de Cannabis (THC CBD) 50% 50%. 4 gotas vía sublingua cada 8 hor.</p> <p>- Vaporizador Cannabis 50% Indica 50% Sativa (1 THC - 1 CBD). 0.5 - 1 grama dividido en 4 dosis</p>		<p>Rp.</p> <p>- Planta Cannabica 50% Indica 50% Sativa 1 THC - 1 CBD.</p> <p>- Planta Cannabica Pte dominante Indica 2 THC - CBD.</p> <p>- Planta Cannabica Pte dominante Sativa 2 THC - CBD.</p>	
<p>Receta Valida por 6 meses</p> <p style="text-align: center;">  Dr. Andrés E. Zapata RUT: 26.487.533-1 Médico Cirujano </p> <p style="text-align: center;"> Firma Nojas importantes: Siga estrictamente sus indicaciones médicas. Asista a sus controles. El uso de cannabis sativa con fines medicinales se encuentra justificado en los artículos 4,8 y 50 de la ley </p>		<p>Receta Valida por 6 meses</p> <p style="text-align: center;">  Dr. Andrés E. Zapata RUT: 26.487.533-1 Médico Cirujano </p> <p style="text-align: center;"> Firma Nojas importantes: Siga estrictamente sus indicaciones médicas. Asista a sus controles. El uso de cannabis sativa con fines medicinales se encuentra justificado en los artículos 4,8 y 50 de la ley </p>	

Fuente: Foto de la receta médica del alumno

Figura 1-4. Receta médica realizada en Cannabimed

1.2. EL CANNABIS COMO MEDICINA Y MÁS

Esta planta es una medicina por todos los componentes que se encuentra en ella, estos componentes se obtienen de la resina de cannabis llamados tricomas.

Los tricomas están encargados de la protección del cannabis ante diferentes tipos de depredadores, cambios climáticos y radiación UV. Los tricomas están conformados de diferentes componentes de los cuales destacan los cannabinoides, terpenos y flavonoides, siendo estos quienes tienen propiedades medicinales.



Fuente: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0355/4493/files/terpenes.jpg?610>

Figura 1-5. Tricomas del cannabis

Todas las sustancias químicas presentes en los tricomas como los que se observan en la figura 1-5 son capaces de activar un sistema fisiológico presente en el cuerpo y cerebro de todos los mamíferos llamado sistema endocannabinoide. Este sistema es el que está encargado de regular el buen funcionamiento de los otros sistemas que constituyen el organismo.

El cannabis se puede consumir de diferentes formas para obtener sus efectos terapéuticos y se pueden crear productos caseros a base de este, que sean ecológicos y amigables con el medio ambiente.

1.2.1. Cannabinoides

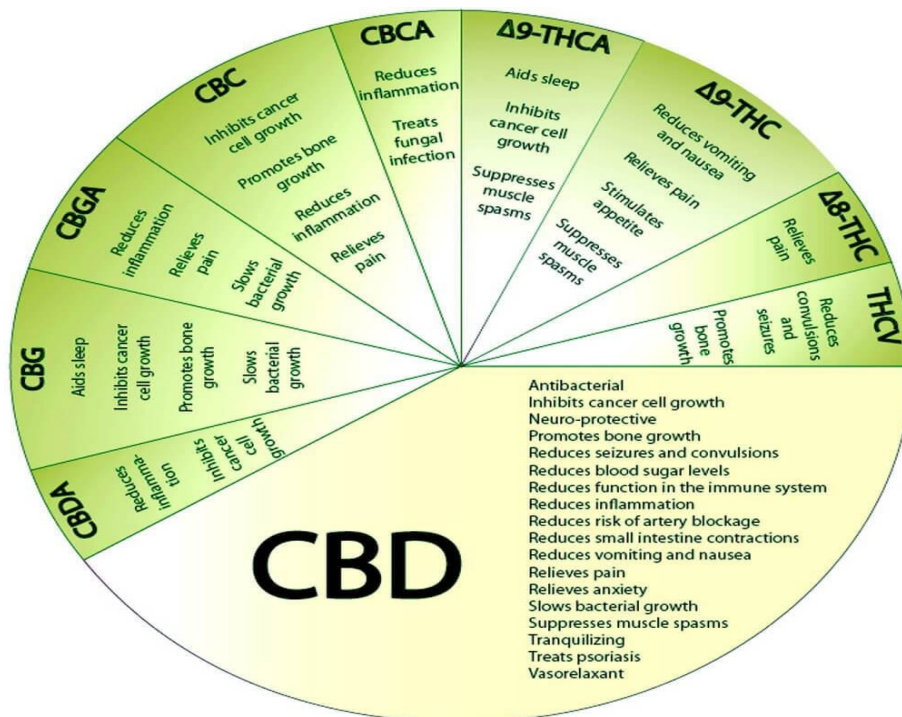
Son un grupo de sustancias muy amplio y diverso, con una estructura química similar entre sí. En la actualidad se reconocen 3 grupos de cannabinoides, los cannabinoides sintéticos que se obtienen en laboratorios, los cannabinoides endógenos o endocannabinoides los cuales son de origen animal como lo es la Anandamida que es fabricada por el cuerpo humano, y el último grupo son los cannabinoides herbarios o fitocannabinoides, los cuales son de origen vegetal. Este grupo de cannabinoides es el que está presente en el cannabis.

Se han descubierto más de 100 cannabinoides, los que más se destacan son:

El tetrahidrocannabinol (THC) el cual contiene el efecto psicoactivo de esta planta, que es utilizado recreacionalmente, también tiene propiedades medicinales, analgésicas, alivia las náuseas, estimula el apetito entre otros. Cabe destacar que niveles demasiado altos de THC pueden causar efectos secundarios: desorientación, pérdida de memoria, taquicardia, nerviosismo, ansiedad y paranoia.

El cannabidiol (CBD) es el cannabinoide que tiene más propiedades ligadas a la medicina, y una propiedad que se destaca es que es anti-psicoactivo lo cual puede controlar o eliminar el componente psicoactivo del cannabis, para poder suministrar esta medicina tanto a niños como ancianos. El CBD es neuroprotector, esto significa que este fitocannabinoide en particular, protege contra los problemas neurológicos y contra la degeneración cerebral ligada a la vejez (ejemplo: Alzheimer), esta es una propiedad de varias otras.

Junto con los fitocannabinoides anteriores, también destacan otros, en la figura 1-6 se pueden observar los fitocannabinoides medicinales, con sus propiedades.



Fuente: <https://www.alchimiaweb.com/blog/propiedades-medicinales-cbd/>

Figura 1-6. Propiedades medicinales de algunos fitocannabinoides

1.2.2. Flavonoides

Gran parte de las plantas contiene flavonoides, estos son componentes químicos de color brillante que se encargan de proteger a las plantas de la radiación UV y diferentes enfermedades, también les da color a las flores atrayendo así insectos para la polinización.

En el cannabis se han encontrado alrededor de 20 flavonoides diferentes que son los responsables de darle el olor, color y sabor distintivos de ciertas cepas

Los flavonoides más comunes en la planta de cannabis son:

Quercetina: Es uno de los flavonoides más versátiles del cannabis y según las investigaciones este tendría propiedades anticancerígenas, antiinflamatoria y antioxidante.

Apigenina: Bloquea numerosas enzimas que ayudan a la formación de tumores, es por lo que este flavonoide es considerado anticancerígeno por excelencia, incluso se le atribuyen propiedades anti-obesidad y antioxidante.

B-sitosterol: El beta-sitosterol es en realidad esteroide vegetal, se le atribuye la capacidad de fortalecer el sistema inmune, combatir el dolor y ser cardioprotector, debido a su capacidad para competir con las moléculas de colesterol para absorberse en el intestino. De esta forma, ayuda a aumentar el colesterol HDL (bueno) y disminuir el colesterol malo (LDL).

Cannaflavinas: Estas se clasifican en cannaflavinas A, B y C, son potentes antiinflamatorios y estos componentes del cannabis inhiben la producción de 2 mediadores proinflamatorio, la prostaglandina E 2 y los leucotrienos, estos últimos están involucrados en el desarrollo de enfermedades inflamatorias como el asma y la artritis reumatoide, y la prostaglandina E 2 contribuye al dolor inflamatorio.

1.2.3. Terpenos

Los terpenos son aceites fragantes, que le dan el aroma y sabor característico a cada cepa de cannabis, además modulan los efectos de los cannabinoides.

Los terpenos al igual que los flavonoides, no solo se encuentran en el cannabis, también están presentes en diferentes plantas, hierbas y frutas, los terpenos que están presentes en el cannabis son:

Mirceno: Es el más común en todas las variedades de cannabis, se le atribuyen efectos calmantes, relajantes y sedantes, además es un antioxidante con potencial de uso en el tratamiento del insomnio, dolor e inflamación.

Limoneno: Proporciona olor a cítrico, ayuda en el alivio del estrés y la ansiedad, también proporciona un efecto calmante en el tratamiento de la depresión, el dolor, la inflamación y el cáncer.

Cariofileno: Es el único terpeno conocido que se asimila a los cannabinoides, posee propiedades antiinflamatorias actuando en el sistema endocannabinoide.

Terpinoleno: Este terpeno tiene un aroma floral y herbal, tiene propiedades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas y anticancerígenas.

Pineno: Es el terpeno más común en la naturaleza, tiene efectos potenciales sobre el nivel de alerta, mejora de la memoria y contrarrestar el efecto psicoactivo del THC, además tiene propiedades terapéuticas en el tratamiento del asma, dolor, inflamación, úlceras, ansiedad y cáncer.

Humuleno: Tiene aroma a lúpulo, amaderado y tiene propiedades antiinflamatorias.

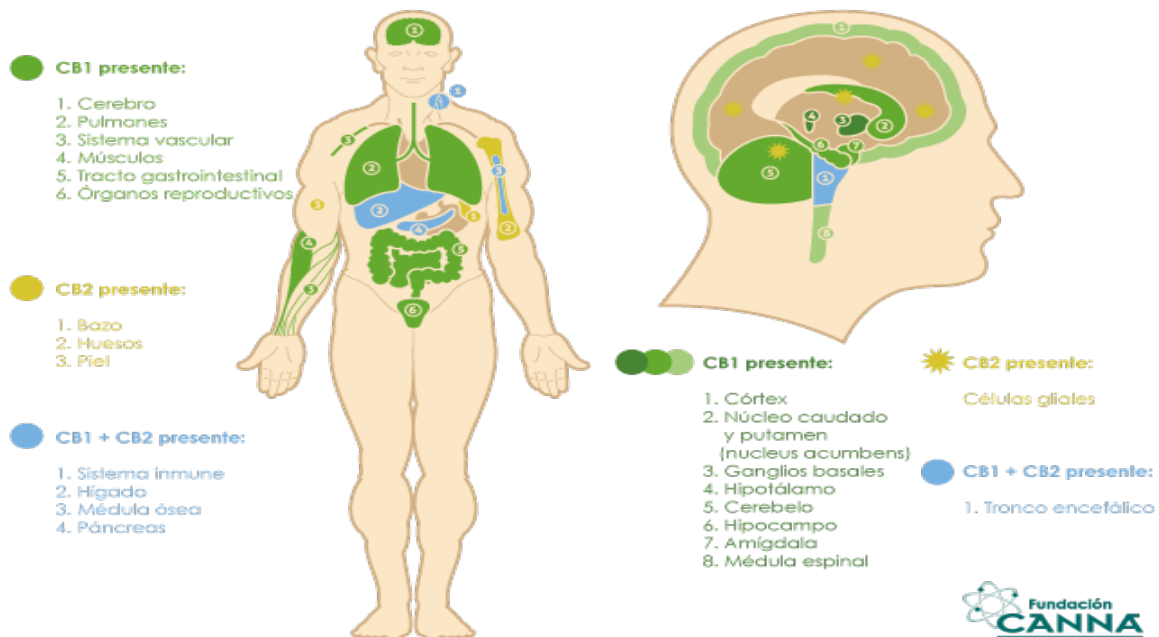
Ocimeno: Este terpeno tiene efectos antivirales, antifúngicos, antisépticos, descongestivos, antibacterianos.

Linalool: Tiene aroma a lavanda, se usa en el tratamiento de la ansiedad, depresión, insomnio, dolor, inflamación y enfermedad neurodegenerativa.

1.2.4. Sistema endocannabinoide

Sistema que involucra la producción de moléculas endocannabinoides, es decir, sustancias químicas liberadas por el propio organismo de los mamíferos llamadas Anandamida y 2 AG las que activan sus receptores específicos en el cuerpo; los más estudiados son los receptores CB1 y CB2.

El sistema endocannabinoide observado en la figura 1-7, modula diversas funciones fisiológicas de nuestro cuerpo, como la percepción del dolor, la inflamación de órganos y tejidos, la regulación del apetito, el control de diversas funciones metabólicas, como almacenamiento de energía, control del estrés y temperatura, la regulación del sueño y un proceso de mediación en diferentes procesos a nivel neuronal, cardiovascular, digestivo, reproductivo e inmunológico.



Fuente: <https://www.fundacion-canna.es/sistema-endocannabinoide>

Figura 1-7. Sistema endocannabinoide CB1 Y CB2

1.2.5. Efecto séquito

El efecto séquito consiste en que es más potente el medicamento a realizar, que contenga la gama completa de cannabinoides, no que se aisle un cannabis en particular como lo son los cannabis sintéticos, ya que no producen el mismo efecto medicinal que teniendo todos los cannabinoides.

Los efectos medicinales van variando según los diferentes porcentajes presentes de los cannabinoides en cada raza.

También aparte de usar la gama completa de cannabinoides, este efecto séquito se produce con la variedad de terpenos y flavonoides presentes en la planta, por lo cual es ideal usar el espectro completo de propiedades medicinales de esta planta para fabricar los medicamentos.

1.2.6. Enfermedades y patógenos en los cuales se puede suministrar cannabis medicinal

Algunas enfermedades y patógenos que son las más comunes, que se pueden tratar con cannabis son las siguientes: Adicciones, Alzheimer, Anorexia, Ansiedad, Artritis, Artrosis, Asma, Bruxismo, Cáncer, Depresión, Diabetes, Disonía, Dismenorrea, Dolor, Estrés postraumático, Epilepsia, Esclerosis múltiple, ELA y lesión de médula espinal Fibromialgia, Glaucoma, Enfermedades gastrointestinales (Crohn, colitis ulcerosa, colon irritable), Hipertensión, Enfermedad de Huntington, Inflamación, Insomnio, Lupus, Migraña, Náuseas y vómitos, Osteoporosis, Enfermedad de Parkinson, Prurito, Psoriasis, Síndrome de Piernas Inquietas, TDAH, hiperactividad, Tumores del Sistema Nervioso Central, Síndrome de Tourette, VIH / SIDA.

Cabe mencionar que el consumo de cannabis medicinal aparte de ayudar, curar o aliviar estas enfermedades también las previene.

Las plantas de cannabis con fines terapéuticos deben ser cepas altas en CBD, para que se elimine la componente psicoactiva de esta y pueda ser suministrada a todas las personas.

Esta medicina se puede suministrar como aceite, ungüento, cremas, cápsulas, tintura, vaporización, diferente tipo de extracciones, en platos comestibles, entre otros.

1.3. CULTIVO DE CANNABIS MEDICINAL

Cada vez son más las personas que optan por lo natural, reciclable, autosustentable y amigable con el medio ambiente, es por esto que los usuarios usan de forma terapéutica el cannabis, ya que esta no está sintetizada en un laboratorio, al contrario, es una planta que la puede cultivar en el hogar, como muchas otras hierbas medicinales, el problema es que la mayoría de las personas no cultivan correctamente el cannabis, por lo cual esta planta se les muere o no les produce lo suficiente para poder fabricar su medicina.

Existen diversos errores que se suelen cometer, por lo cual se describirán los más conocidos y que problemas le traen al cultivar o al momento de cosechar, junto con los parámetros ideales que se deben manejar para tener un cultivo perfecto y una excelente cosecha, además se señalarán cuáles son los equipos para controlar estos parámetros.

1.3.1. Errores comunes

Las personas sin conocimientos previos acerca de la agricultura creen que al momento de cultivar cannabis basta con regarlas y exponerlas al sol es suficiente. Sin embargo, eso es factible solo para plantas que no requieren tanto cuidado, en cambio las plantas que dan frutos como el cannabis, necesitan mayores atenciones.

Los errores más comunes son:

- ✓ Regarlas directamente de la red de agua debido a que esta posee un alto contenido de cloro y según la ubicación donde se encuentre, esta agua puede tener niveles muy altos de E.C y el PH desbalanceado.
- ✓ Tener carencia o exceso de fertilizantes.
- ✓ Tener un exceso o carencia de riego.
- ✓ No darle los parámetros ambientales ideales, en exterior lo ideal es plantarlo en una fecha donde existan más horas de sol y menos humedad ambiental, en el caso de plantar en interior se controla la humedad, temperatura, luz y CO2.

1.3.2. Parámetros ideales

La planta de cannabis tiene dos etapas fundamentales, el periodo vegetativo que es cuando está comienza a crecer y formar varias ramas donde irán los frutos, luego está la etapa de floración, en esta etapa la planta genera las flores y empieza a requerir más alimento para hacer crecer estos frutos que luego se transformarán en medicina. Durante estas dos etapas se deben controlar los siguientes parámetros:

- ✓ Riego: el riego debe realizarse cada vez que el sustrato o suelo a utilizar contenga menos del 60% de humedad y este debe ser con agua filtrada, ya que lo ideal es que no contenga cloro ni un E.C muy elevado y un pH neutro, a esta agua filtrada se debe añadir fertilizante para que estos puedan ser absorbidos por la planta (si no se manejan esos parámetros la planta no absorbe los fertilizantes y estos se pierden). Los parámetros ideales en el agua es que el pH debe rondar en el valor 6.3, la EC debe estar en la etapa vegetativa entre 0,6 y 1,3, para la etapa de floración deben estar los rangos de EC entre 1,3 y 2,2, el último factor en el agua es la temperatura que debe estar entre 20° y 23°C.
- ✓ Luz: En la etapa vegetativa la planta requiere de 18 horas de luz y 6 horas de oscuridad, para así luego pasar la planta a la etapa de floración dónde se debe cambiar a 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.
- ✓ Temperatura: En todo el ciclo de la planta lo ideal es mantener una temperatura entre 25°C y 30°C, siendo ideal los 27°C.
- ✓ Humedad ambiental: La humedad es la que más se va variando, en su primera semana de vida, lo que sería la etapa vegetativa, esta requiere de 90% de humedad ambiental y esta se va disminuyendo hasta el 70% a finales de esta etapa, y cuando empieza la floración debe rondar los valores entre 70% y 60% de humedad y esta ir disminuyendo hasta que ya esté óptima la planta para la cosecha, que ahí la humedad debiera estar en un 40%.
- ✓ CO2: El CO2 ayuda a que la planta realice la fotosíntesis más rápido por lo cual consume más alimento y esta crece más, es por esto que en la etapa vegetativa no

es recomendable elevar más de 300ppm de CO₂ en el ambiente, porque esta tiende a crecer demasiado y se descontrola la planta, por lo cual solo se usa en etapa de floración, en esta etapa la planta consume alimento para hacer crecer más sus frutos y la planta puede absorber desde los 1300 a los 1500ppm de CO₂.

- ✓ Ventilación: Es importante suministrar oxígeno al cultivo de cannabis y también extraer el aire viciado dentro de este medio para que realice la fotosíntesis correctamente esta planta.

1.3.3. Elementos para controlar los parámetros

Para poder controlar los parámetros ambientales y de riego se usa los siguientes elementos:

Luz: La luz que se va a utilizar debe estar acorde al espacio de cultivo a controlar, ya que si no se usa la adecuada no se sacará el máximo potencial a la planta, por lo que existen distintas alternativas de luces y sus respectivas potencias. En este proyecto se utilizará un espacio de 60cm x 60cm x 160cm, por lo cual se utilizará una lámpara de haluro y una de sodio, con un balastro de 250W como se muestra en la figura 1-8.



Fuente: <https://www.tucultivo.cl/wp-content/uploads/2019/05/250w-haluro-sodio-stucco.jpg>

Figura 1-8. Ampolleta de haluro y sodio de 250W

Humidificador y Deshumidificador: Estos serán encargados de controlar la humedad ambiental del espacio de cultivo, en la siguiente figura 1-9 se pueden observar los que se

utilizarán para este proyecto; el humidificador de 30W cuenta con una capacidad de 5,2 Lt, con una evaporación máxima de 310 ml/h y una evaporación Mínima 103 ml/h. Por otro lado, el deshumidificador de 23W cuenta con una capacidad de 650 ml con una capacidad de absorción de humedad de 350ml/día.



Fuente: <https://www.growcenter.cl/wp-content/uploads/2017/05/humidificador-ultrasonico-52-litros-grow-genetics-growcenter-maipu-la-florida-santiago-chile-puente-alto-grow-shop.jpg>

Figura 1-9. Deshumidificador y Humidificador

Ventilación: Es importante sacar el aire viciado del cultivo para eso se usa un extractor, y si se usa otro extractor al revés se tiene un intractor, para que entre aire nuevo a este espacio. Cabe mencionar que hay diferentes tamaños de extractores y se debe elegir el mejor para el espacio de cultivo, en este caso se utilizarán 2 extractores de 100mm de 12W, con un flujo de aire de 130 metros cúbicos por hora, como el de la figura 1-10.



Fuente: <https://www.growcenter.cl/wp-content/uploads/2014/09/extractor-vent-Turbo-Growcenter.jpg>

Figura 1-10 Extractor de 100 mm

Bomba de agua: Esta se encargará de regar las plantas automáticamente, para aquello se debe posicionar en un estanque de agua donde se hará la mezcla con fertilizantes y luego a través de mangueras se regará las plantas, en la siguiente figura 1-11, se muestra la bomba de agua de 18W con un caudal máximo: 1000 lts por hora.



Fuente: <https://pataqoniagrowchile.com/wp-content/uploads/2018/01/bomba-de-agua-1000-l-h-water-master1.jpg>

Figura 1-11. Bomba de agua

CO₂: En el ambiente lo normal es que se encuentre 300 ppm de CO₂ por lo cual se debe aumentar este parámetro a 1300 ppm para ello se utiliza una bombona de CO₂, como se observa en la siguiente figura 1-12 como ejemplo.



Fuente: <https://www.lamota.org/media/images/full/cultivo-de-marihuana/kit-co2-bombona-desechable.jpg>

Figura 1-12. Bombona Co2

1.4 **PROPUESTA**

La propuesta de este trabajo de título es diseñar un controlador con el cual pueda automatizar todas las variables ambientales como iluminación, temperatura, humedad e incluso el riego en el cultivo de cannabis medicinal, además de lograr visualizar todos estos parámetros a través de una aplicación para celular. El controlador usará con eficiencia y eficacia los dispositivos asociados al control de estos parámetros, y con ello lograr que la planta tenga un ambiente ideal en el cual se desarrolle al 100%, es decir, que crezca con el menos estrés posible y obtener cosechas de calidad equivalente a medicina de calidad, y esta sea abundante, ya que los factores de estrés, limitan la capacidad de desarrollarse, lo cual arruina la cosecha, además controlando todos estos factores baja las posibilidades que entren plagas, enfermedades o carencias, que pueden terminar en un fruto que no se pueda consumir o la muerte de la planta.

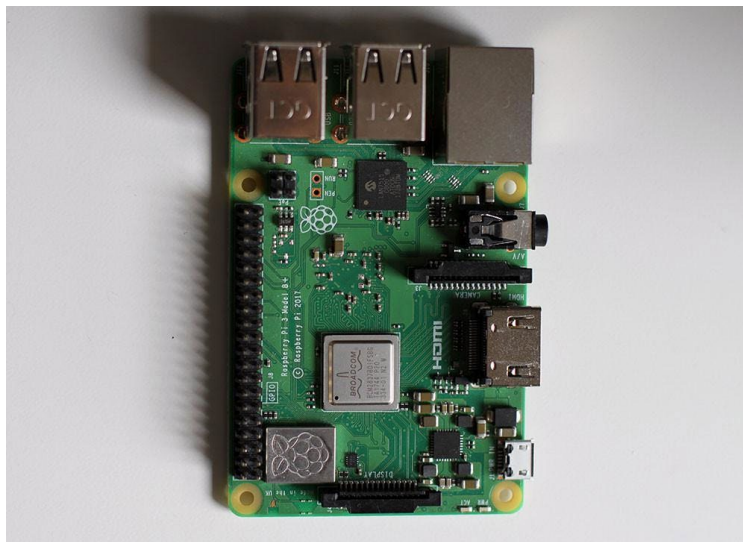
1.5 **COMPONENTES DEL PROYECTO**

Para poder desarrollar la propuesta señalada se deben utilizar distintos tipos de tarjetas de desarrollo y sensores con sus respectivas características.

1.5.1 Raspberry Pi 3B+

Raspberry Pi modelo 3B+ es un mini computador el cual tiene el procesador Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC, en el cual trabaja con una frecuencia de 1,4Ghz el cual acelerará los procesos a realizar, contiene una memoria RAM de 1Gb, además de una WiFi 802.11ac de doble banda, de modo que podremos conectarnos a redes en la banda de los 2,4 GHz y los 5Ghz, eso permitirá una mayor velocidad de conexión a la red, otra conexión inalámbrica que este tiene es un soporte de bluetooth de 4.2v con lo cual se obtiene un rendimiento rápido y seguro, además este minicomputador contiene una conectividad de red Gigabit Ethernet over USB 2.0, con el cual se obtendrá mayor velocidad de transferencia de datos, siendo la velocidad optima de 300Mbps, además en este modelo de Raspberry se encontrarán diferentes puertos como: GPIO 40 pines, HDMI, 4 puertos USB 2.0, CSI (cámara Raspberry Pi), DSI (pantalla fácil), Toma auriculares / vídeo compuesto, Micro SD, Micro USB (alimentación), Power-over-Ethernet (PoE).

En la siguiente figura 1-13 se puede apreciar una Raspberry pi 3B+



Fuente: https://i.blogs.es/0558ac/rpi-7/1366_2000.jpg

Figura 1-13. Raspberry pi 3B+

1.5.2 Arduino UNO R3

El Arduino UNO R3 es una placa de desarrollo que contiene un microcontrolador con una placa ATmega328T, el cual contiene una memoria flash de 32KB de los cuales 0.5 se usan como arranque, una RAM de 2KB y una EEPROM de un 1 KB, tiene 14 pines de entrada/salida, de los cuales 6 se usan como salidas PWM, 6 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16Mhz, tiene un puerto de alimentación con el cual es posible alimentarlo con un adaptador de CA a CC, su funcionamiento es con 5V, y además tiene un puerto USB con el cual también se puede alimentar, este tiene un rango recomendado de voltaje en la entrada de 7v-12v, soporta hasta 20mA por pin, y contiene un botón de reset.

En la figura 1-14 se puede apreciar el Arduino UNO R3



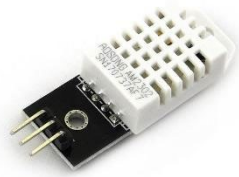
Fuente: <https://www.infootec.net/wp-content/uploads/2015/08/arduino-uno-r3.jpg>

Figura 1-14. Arduino UNO R3

1.5.2 Sensor DHT22

El DHT22 es un sensor de temperatura y humedad, utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos, este además viene montado en una placa que viene soldado una resistencia de pull up de 4,7K ohms – 10K ohms y un condensador de filtrado de 100nf, se debe alimentar idealmente con 5v, trabaja con una resolución decimal por lo cual los datos de humedad y temperatura estarán en notación decimal, tiene un tiempo de muestro de 2 segundos, por lo

cual entregará los datos cada 2 segundos, mide rango de temperatura de -40°C a 80°C y su precisión de medición es de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, en el caso de la humedad mide rangos de 0% hasta un 100% y tiene una precisión de 2%-5%. En la siguiente figura 1-15 se observa el componente DHT 22.



Fuente: <https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-435099532-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-arduino- JM?quantity=1>

Figura 1-15. Sensor DHT22

1.5.2 Sensor MG811

El sensor MG811, el cual se puede observar en la figura 1-16, puede medir la cantidad de CO₂ en el ambiente, este necesita idealmente 6v para trabajar, ya que debe tomar temperatura para poder medir el nivel de CO₂ en el ambiente, está montado en una placa el cual contiene un circuito para amplificar o ajustar la sensibilidad del sensor, la salida analógica que tiene trabaja de 0v a 2v, y este tiene la capacidad de medir rangos de 350ppm a 100000ppm de CO₂ en el ambiente.



Fuente: <https://www.microjpm.com/products/mq811-co2-sensor-dioxido-carbono/>

Figura 1-16. SensorMG811

1.6. OBJETIVOS DE PROYECTO

En este apartado se expondrá el objetivo general del proyecto de título y los objetivos específicos de este mismo.

1.6.1. Objetivo General

Fabricar un controlador automatizado para el cultivo de cannabis medicinal, que se visualice a través del celular

1.6.2. Objetivos Específicos

- Investigar que se necesita controlar en un cultivo de cannabis medicinal.
- Implementar un controlador que automatice el proceso de cultivo.
- Diseñar una aplicación que sea amigable con el usuario, con la cual se pueda observar desde cualquier lugar el estado del cultivo.

CAPITULO 2: DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

2. DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

En este capítulo se mostrará el prototipo que controlará todos los procesos de cultivo del cannabis medicinal, la forma en que se posicionaran físicamente los componentes y las conexiones que se deben realizar para el correcto funcionamiento del prototipo, además se mostrará la función de cada uno de estos componentes para controlar los procesos, también todo el código de programación que necesita ser ejecutado por los microcontroladores, para controlar y automatizar dichos procesos, junto con todo lo anterior también se mostrará como visualizar los procesos que están ocurriendo en el cultivo con un dispositivo Android. Los códigos de programación estarán presentes al final de este informe en la sección denominada anexos.

2.1. FUNCIÓN Y CONEXIÓN DE LOS COMPONENTES

El prototipo por desarrollar consta de los componentes mencionados en el capítulo anterior, cada uno de ellos tiene sus diferentes funcionamientos, los microcontroladores serán los que controlen todo el proceso de cultivo y estarán dentro de un empaquetado junto con los relés y los enchufes, estos estarán fuera del área a controlar, ya que en esta área se trabajará con humedad muy elevada por lo cual alguno de los componentes mencionados puede fallar, estropeando el prototipo.

Los sensores serán adaptados para que estén dentro del medio de cultivo ya que serán los responsables de tomar muestras de este, y lograr el correcto funcionamiento del controlador.

2.1.1. Función de las tarjetas de desarrollo y componentes

Cada tarjeta de desarrollo y componente tendrá una función diferente dentro del prototipo, y gracias a aquello se puede controlar todo el proceso de cultivo de cannabis medicinal.

Los componentes encargados de leer el ambiente donde se cultivará la planta de cannabis será el sensor DHT22 que es un sensor de humedad y temperatura de ambiente, este sensor puede leer de 0% a 100% de humedad ambiental con una precisión de 2%-5%, y temperaturas de -40°C hasta 80°C con una precisión de 0,5°C, por lo cual será bastante exacto.

El segundo componente encargado de leer el ambiente es el MG-811 que es un sensor de CO2 ambiental, este sensor puede lograr medir de 400ppm hasta 10000ppm de CO2.

El último sensor en el prototipo es el sensor capacitivo de humedad de suelo, este sensor irá directamente en el macetero donde estará la planta para conocer el porcentaje de humedad que esta tiene, el sensor puede leer de 0% a 100% de humedad con bastante precisión.

Los datos que entreguen estos 3 sensores mencionados serán enviados los pines análogos y digitales de la primera tarjeta de desarrollo que es el Arduino Uno, y estará programada para recibir estos datos y enviarlos a la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 3B a través del puerto USB.

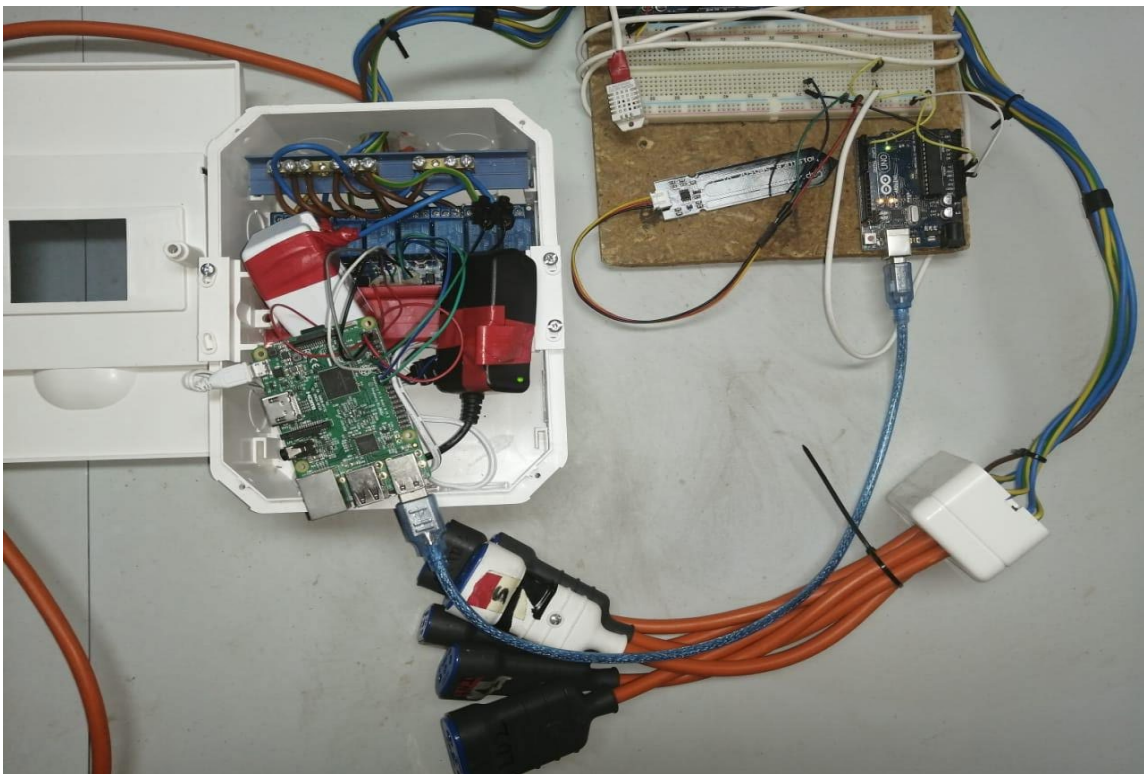
La tarjeta de desarrollo Raspberry pi 3B será el más importante del prototipo, ya que estará programada para recibir los datos entregados por el Arduino Uno, y según esos datos, esta tarjeta deberá controlar y automatizar todos los procesos de cultivo encendiendo y apagando los diferentes equipos que irán conectados a los enchufes que tendrá el prototipo, esto lo hará por medio del módulo de 8 relés conectados a los pines GPIO de la Raspberry pi 3B, junto con lo anterior esta tarjeta de desarrollo será la encargada de enviar todos los datos de los sensores y que equipo controlado está encendido, a una base de datos en internet para que pueda ser visualizada a través de una aplicación móvil.

2.1.2. Conexiones y empaquetado principal del prototipo

El empaquetado del controlador se basa en posicionar la Raspberry pi 3B, el Arduino, los relés, la alimentación de la Raspberry y los enchufes (a los cuales se le conectarán los dispositivos a controlar), dentro de una caja plástica para compactar todo esto en un espacio más reducido, logrando el orden de los componentes, y los sensores atravesarán el empaquetado y se

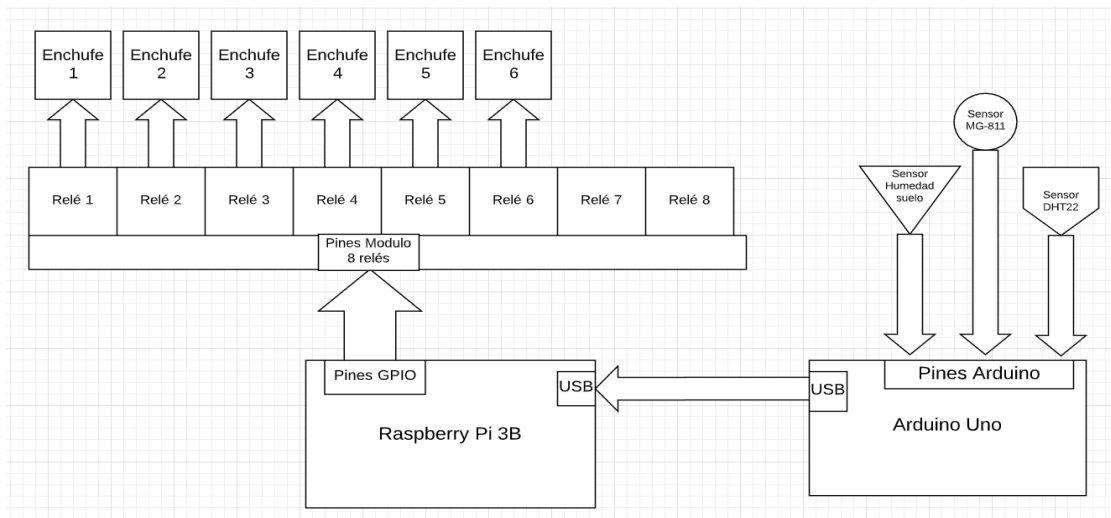
extenderán hasta el área de cultivo según el lugar que le corresponda, ya que el sensor de humedad de suelo irá directo en el macetero, mientras que los sensores DHT22 y el MG-811 se posicionarán aproximadamente en la mitad de la altura del espacio a controlar, para tener una lectura más acertada.

En la siguiente figura 2-1 se puede observar cómo quedó el empaquetado del primer prototipo realizado, quedando todo compacto en un tablero eléctrico de PVC, lamentablemente el Arduino quedó fuera del empaquetado, por lo cual se hará un segundo prototipo donde estén todos los componentes incluyendo el Arduino, y los enchufes eléctricos se cambiarán por tomacorrientes, para mayor orden y mejor presentación.



Fuente: Fotografía tomada por el alumno.

Figura 2-1. Prototipo del controlador



Fuente: Dibujo creado por el alumno.

Figura 2-2. Conexiones del prototipo.

En la figura 2-2 es posible observar cómo van conectados los diferentes componentes a los microcontroladores, en las siguientes tablas 2-1 y 2-2 se señalará cual pin, corresponde a cada componente.

Tabla 2-1. Conexión del módulo de 8 relés a la Raspberry

Pin Raspberry Pi 3B	Pin de Módulo 8 relés
3	In1
5	In2
7	In3
11	In4
13	In5
15	In6
19	In7
21	In8
6	Gnd

Fuente: Tabla creada por el alumno.

Tabla 2-2. Conexión de los sensores al Arduino

Pin Arduino Uno	Sensores
Vcc	DHT22 Vcc
Gnd	DHT22 Gnd
2	DHT22 Out
Vcc	Sensor humedad suelo pin Vcc
Gnd	Sensor humedad suelo pin Gnd
A0	Sensor humedad suelo pin Out

Fuente: Tabla creada por el alumno.

2.2. ESTRATEGIA PARA PROGRAMAR EL PROTOTIPO Y LA APLICACIÓN MÓVIL

Para lograr realizar este prototipo de controlador automatizado para el cultivo de cannabis medicinal, se realizará una estrategia que consiste en dividir el sistema en dos secciones por separado, la primera sección cuenta con todo lo que es la programación del Arduino Uno y la Raspberry Pi 3B, esta sección es la fundamental para poder controlar y automatizar todo el medio de cultivo y procesos necesario para que la planta se desarrolle en forma perfecta, para aquello se deberá programar el Arduino de forma que pueda leer los sensores conectados a este, y envíe estos datos hacia la Raspberry, y esta según los datos entregados pueda controlar los parámetros con los diferentes dispositivos que se tendrán que conectar al prototipo, automatizando el proceso de cada una de las etapas de la planta de cannabis, pero solo automatizará cada proceso de cada etapa, es decir, no el proceso completo, ya que el usuario debe elegir cual etapa desea automatizar.

Esto se debe a que el usuario, tendrá la posibilidad de elegir más o menos tiempo de crecimiento a la planta, ya que de esa forma podrá optar entre tener mayor cosecha, pero en mayor tiempo, o menos cosecha, pero en menor tiempo, además de elegir la etapa de la planta de cannabis también podrá seleccionar otros datos que se expondrán posteriormente.

La segunda sección consiste en monitorear en tiempo real y desde cualquier lugar, el estado de cada dispositivo, y visualizar que tan controlados están los parámetros ambientales, además de saber si ya se regó la planta, para ello se usarán dos diferentes plataformas web, la

primera para fabricar una aplicación para teléfono móvil llamada MIT inventor, la cual permite crear en forma sencilla aplicaciones para Android, en esta se hará una interfaz amigable para el usuario, para que pueda hacer todo lo anteriormente mencionado, pero para conectar en tiempo real los datos de la Raspberry a la aplicación y estos puedan ser manipulados, se debe usar una segunda plataforma llamada Firebase, esta plataforma web consiste en tener una base de datos en tiempo real vía internet, esta plataforma ayuda en el traspaso de información de la Raspberry a la aplicación y viceversa, logrando de esta forma la visualización a través de un teléfono móvil.

2.3. PROGRAMACIÓN DEL PROTOTIPO

La programación para el controlador consta de pasos iniciales, lo primero que se debe hacer es definir con qué ciclo de la planta se va a trabajar, la hora que se desea iluminar el cultivo, y los días de riego.

Lo siguiente es programar el Arduino, para que esté obtenga los datos de los sensores y se los envíe a la Raspberry para que esta controle todo el proceso de cultivo, como se ha descrito anteriormente.

2.3.1. Selección de ciclo y otras variables

Para la selección de variables se creó un documento de texto en la carpeta donde se posicionará la programación de la Raspberry Pi 3B, con la finalidad que en este documento se pueda escribir el ciclo con el que se desea trabajar, la hora de iluminación del cultivo, y los días de riego.

La razón de el porque se definen estas variables aparte de la programación principal, es porque estas son las que se desean manipular al momento de querer controlar todo el proceso de cultivo en cada una de las etapas por las que pasa la planta de cannabis, ya sea por una aplicación o por medio de este documento de texto.

Los valores de iluminación, temperatura y humedad, en cada ciclo de la planta, ya estarán definidos con antelación en el programa principal de la Raspberry, por lo cual el usuario solo debe elegir el ciclo con el que desea trabajar, y luego cambiarlo cuando lo estime conveniente, cabe mencionar que en las siguientes tablas 2-3 y 2-4 se encontrarán los parámetros ideales para cada ciclo de la planta, solo se debe poner el nombre de la variable en el documento, y este se puede visualizar en la tabla 2-3.

Tabla 2-3. Ciclo de la planta variable a seleccionar parte 1

Ciclo de la planta para elegir	Iluminación (Horas) ON/OFF	Nombre de la variable para ser puesta en el documento
Plántula	20hrs/4hrs	plantula
Vegetativo	18hrs/6hrs	vegetativa
Floración	12hrs/12hrs	floracion

Fuente: Tabla creada por el alumno.

Tabla 2-4. Ciclo de la planta variable a seleccionar parte 2

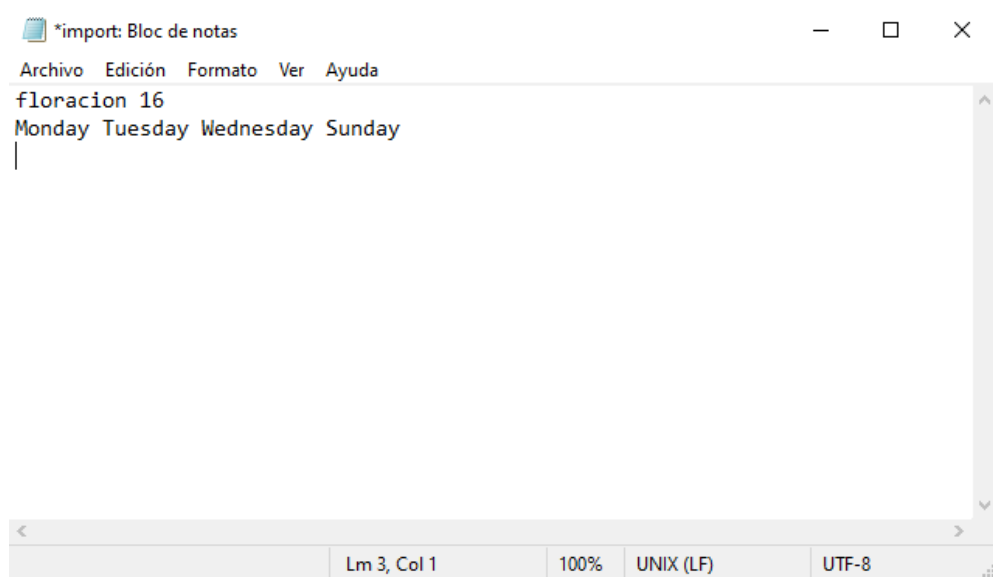
Ciclo de la planta para elegir	Temperatura °C Máxima Iluminado/Oscuro	Temperatura °C Mínima Iluminado/Oscuro	Humedad % Máxima	Humedad % Mínima
Plántula	25°C/22°C	20°C/18°C	85%	70%
Vegetativa	30°C/25°C	25°C/20°C	70%	60%
Floración	22°C/20°C	18°C/16°C	50%	40%

Fuente: Tabla creada por el alumno.

La segunda variable que se debe señalar, aparte de la variable anterior, es la hora que se desea encender la iluminación en el cultivo, esta variable pese a ser muy sencilla, es muy significativa, ya que la iluminación toma un papel esencial en la temperatura del cultivo, por lo que se recomienda que la iluminación esté encendida en el periodo más frío del día, pero también depende de la comodidad del usuario, porque si desea hacer algunas podas a la planta o técnicas de cultivo, tiene que ser en horario de encendido de la iluminación, no se le debe interrumpir las horas de oscuridad, ya que trae consecuencias negativas a la planta de cannabis. Cabe destacar que la hora de encendido de la iluminación debe ser la hora en punto.

Finalizando con el documento de texto, a este se le debe señalar los días que se desea regar y estos deben ser escritos en inglés, existen 2 motivos porque se escogió que el riego fuera

de esta forma, en vez de realizarlo por el sensor de humedad de suelo, el primero es porque con los parámetros ambientales especificados, la planta necesitará riego día por medio lo cual se recomienda, pero el usuario elige que días desea que se rieguen, y el segundo es porque en un futuro se desea implementar un sistema hidropónico, y de esta forma será más sencilla la programación. En la figura 2-3, se aprecia un ejemplo del documento de texto a realizar.



Fuente: Imagen tomada por el alumno.

Figura 2-3. Ejemplo de documento de texto

2.3.2. Programación y lógica del Arduino

Para poder empezar a programar el Arduino se debe conectar al computador, y con el software IDE de Arduino se debe realizar el programa, éste estará disponible el final de este informe en la sección anexos.

El programa inicia con importar las librerías necesarias para poder trabajar con los sensores que estarán conectados al Arduino, estos serán el DHT11, sensor de humedad de suelo, y el MG-811, este último es necesario para la lectura de CO2 del cultivo, pero no se obtuvo para hacer el prototipo, por lo cual no se trabajará con él, pero se puede añadir una vez se obtenga.

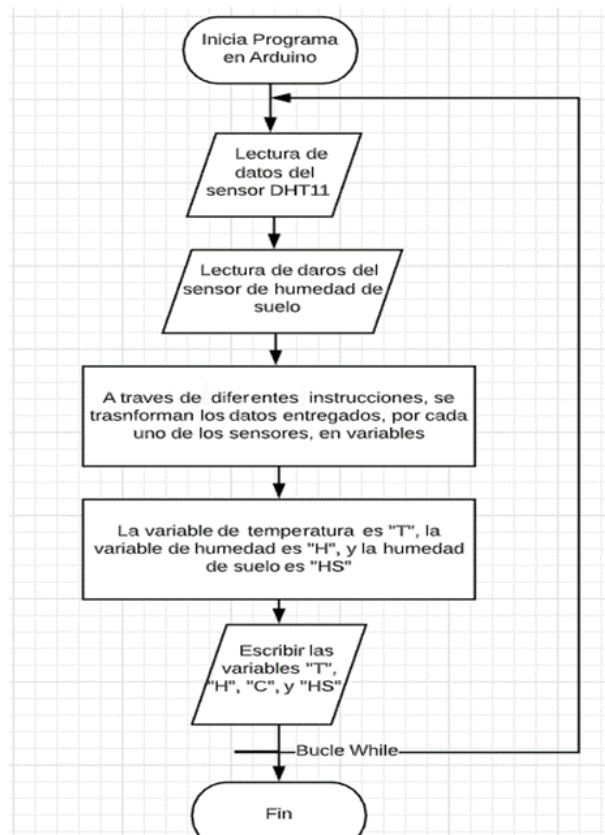
Añadidas las librerías se procederá a colocar las líneas de programación designadas para obtener los datos que entreguen estos sensores, estas líneas están definidas para trabajar con estos sensores, finalizado este proceso se deberá asignar variables a los valores entregados por los sensores, estos son:

-Temperatura ambiental = T

-Humedad ambiental = H

-Humedad de suelo = HS

Terminado el proceso de asignar variables a los datos entregados por los sensores, estos se imprimirán en el puerto serial del Arduino, por lo que después al conectar la Raspberry, esté podrá acceder a estos datos. En la figura 2-4 se observa el diagrama de flujo de la lógica del Arduino.



Fuente: Diagrama creado por el alumno.

Figura 2-4. Diagrama de flujo de la lógica del Arduino.

2.3.3. Programación y lógica de la Raspberry Pi 3B

La programación de la tarjeta gráfica Raspberry Pi 3B consta de una serie de secuencias que se deben seguir, primero al iniciar el programa Python en la Raspberry esta importará diferentes tipos de librerías para trabajar con todos los datos y realizar diferentes tipo de funciones, además importar otras programación de Python, que son necesarias, estas son la “rele”, que consiste en activar los pines GPIO de la Raspberry, la otra programación llamada “puerto”, consiste en conectarse de manera serial a cualquier puerto USB de la Raspberry, estas programaciones que se importan, se hicieron con el fin de no realizar una programación tan grande y evitar posibles errores.

Luego, una vez importadas las librerías se deben definir las variables y las funciones con las que se van a trabajar, al terminar estos procesos principales, recién comienza la lógica del programa.

Lo primero que hará la Raspberry va ser importar la hora, y fecha actual, ya que estas se usarán bastante para los procesos posteriores, luego verificará que esté conectado el Arduino a unos de los puertos USB, ya que este será el encargado de enviar los datos de temperatura, humedad, CO2 y humedad de suelo, si este no está conectado indicará error, y se tendrá que reiniciar el programa una vez conectado el Arduino al puerto USB.

Conectado el Arduino, le enviará los datos de temperatura, humedad y humedad de suelo, y la Raspberry almacenará estos datos, luego a través de un documento de texto (el documento mencionado en la sección 2.2.1), que se dispondrá en la misma carpeta de donde se encuentra el programa principal, se extraerán y almacenarán los datos que se encuentran en este.

Finalizado el proceso de extracción y almacenado de datos, tanto del Arduino como los del documento de texto, se deben crear líneas de códigos para controlar los diferentes dispositivos conectados al prototipo.

Se empieza por la iluminación, la cual se va a encender y apagar por el tiempo que el ciclo señale, y el momento en que encienda será el que se señaló el en documento de texto y esta se almacenará en la variable “horaon”, y mediante algunos cálculos realizados en la programación

Python de la Raspberry, se obtiene la hora de apagado de la iluminación, este dato se guardará en la variable "horaoff".

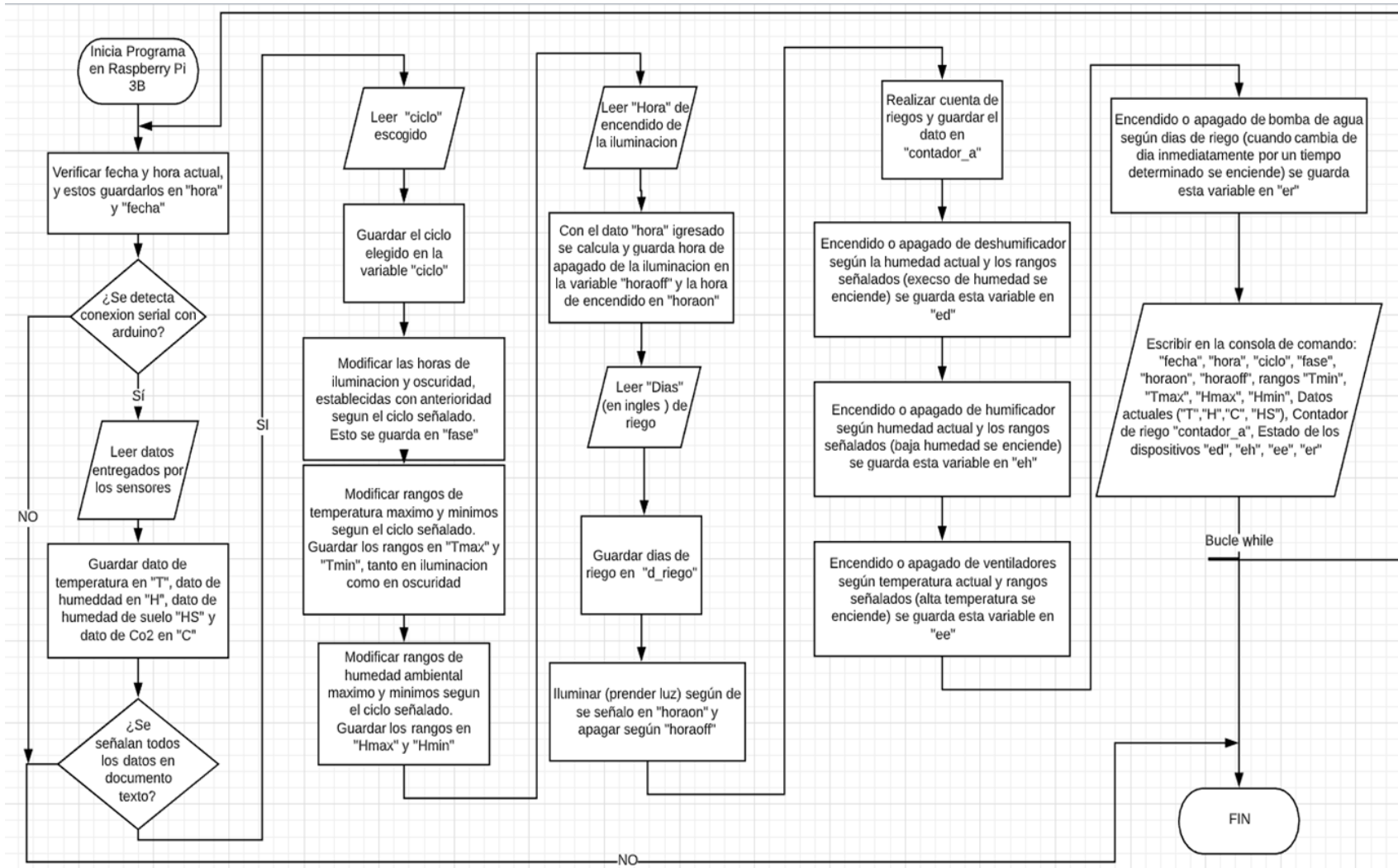
Lo siguiente es la cuenta de riegos que es un valor para tener presente, si va todo como se planeó, esta acción se hizo a través de la programación Python, luego este dato se almacena en la variable "contador_a".

Luego, se hace la acción de encendido o apagado del deshumificador según la humedad actual y los rangos señalados en el ciclo de la planta(exceso de humedad se enciende) y se guarda esta variable en "ed", seguido de este se hace la acción encendido o apagado del humidificador según humedad actual y los rangos señalados en el ciclo de la planta, igual que el deshumificador (baja humedad se enciende) y se guarda en la variable en "eh", detalle a considerar es que, nunca estarán los dos encendidos al mismo tiempo, pero si pueden estar apagados los dos al mismo tiempo cuando la humedad ideal esté constante.

Continuando con el control de los dispositivos, se tiene el encendido o apagado de ventiladores según temperatura actual y rangos señalados en el ciclo de la planta (alta temperatura se enciende) se guarda esta variable en "ee".

Finalizando con el control de los dispositivos, el último por controlar es la bomba de agua, está se va a encender o apagar según los días de riego, dispuestos en el documento de texto, el estado de riego se guardará en la variable "er".

Terminado todo el proceso lo último que realiza la Raspberry es mostrar todas las variables señaladas con comillas en esta sección, a través de la consola de comando, demostrando que se está automatizando el proceso de cultivo, además se va actualizando con el tiempo ya que, repite los procesos descritos, infinitas veces hasta que se desconecte de la alimentación, o se detenga manualmente. En la figura 2-5 se observa el diagrama de flujo de la lógica de la Raspberry Pi 3B.



Fuente: Diagrama creado por el alumno.

Figura 2-5. Diagrama de flujo de la lógica de la Raspberry pi 3B

2.4. BASE DE DATOS Y APLICACIÓN PARA TELÉFONO MÓVIL

Para visualizar todo lo expuesto, sin la necesidad de conectarse directamente a través de un computador o periféricos a la Raspberry, está presente la posibilidad de crear una aplicación para teléfonos celular, y con ella realizar el monitoreo. Para lograr lo anterior se debe buscar una plataforma para crear la aplicación, y buscar otra plataforma que sea una base de datos para la aplicación y la Raspberry, logrando que, por medio de esta base de datos, se puedan comunicar y transferir datos.

2.4.1. Firestore

La plataforma Firestore es una base de datos para aplicaciones móviles, con la cual es posible trabajar en forma gratuita, esta cuenta con un límite de GB para utilizar, pero como se trabajará con solo texto no se llegará al límite.

Esta base de datos se encuentra a todas horas y cualquier día de la semana disponible, y además es en tiempo real, por lo que, si se desea modificar datos u observar el estado del cultivo, será ideal. La siguiente figura 2-6, se aprecia el logo de Firestore, y luego en la figura 2-7, se observa la base de datos creada por la aplicación.

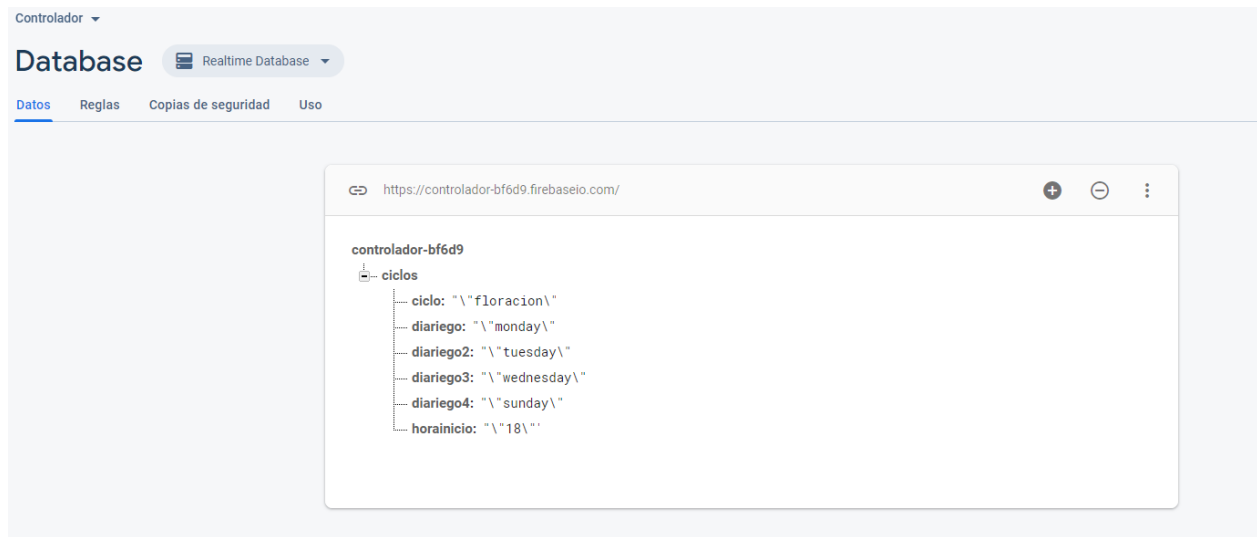


Fuente:

https://www.google.com/search?q=fire+base&rlz=1C1CHBD_esCL902CL902&sxsrf=ALeKk01eQDh02XLtWL45s_XICH4ARz4bzw:1597378575319&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewi707b06pnrAhU9GLkGHR8mAwQQ_AUoAXoECBqQAw&biw=1920&bih=920#imgrc=i3sAYpkRie6e

SM

Figura 2-6. Logo Firestore



Fuente: Imagen tomada por el alumno

Figura 2-7. Base de datos creada en Firebase

2.4.2. MIT app inventor

Esta segunda plataforma también es vía web, sin la necesidad de descargar algún programa adicional, solo la aplicación determinada.

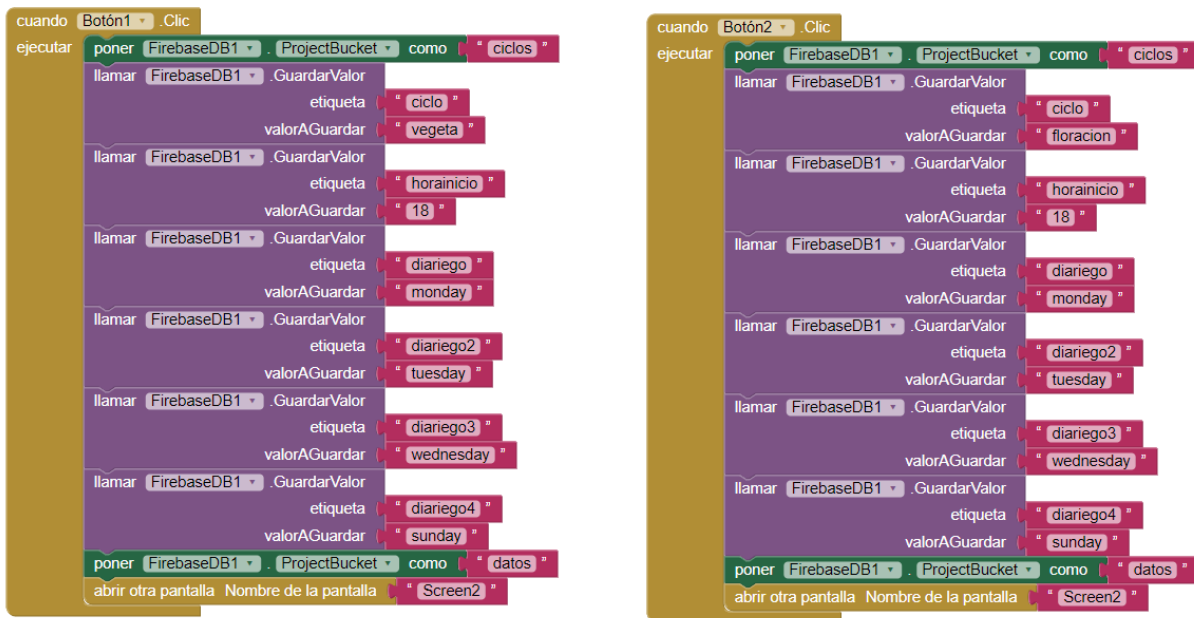
Con esta plataforma es más sencillo crear aplicaciones móviles, para personas que no tienen conocimiento de lenguaje java o cualquier otro lenguaje para programar aplicaciones, en esta plataforma solo se usan diagramas de bloques y lógica, por lo que se hace bastante sencillo si se sabe para qué sirve cada bloque. En la figura 2-8 se aprecia el logo de MIT app inventor, y en la figura 2-9 se muestra la programación en bloques realizada para la aplicación, luego en la figura 2-10 se encuentra la interfaz de la aplicación creada.



Fuente:

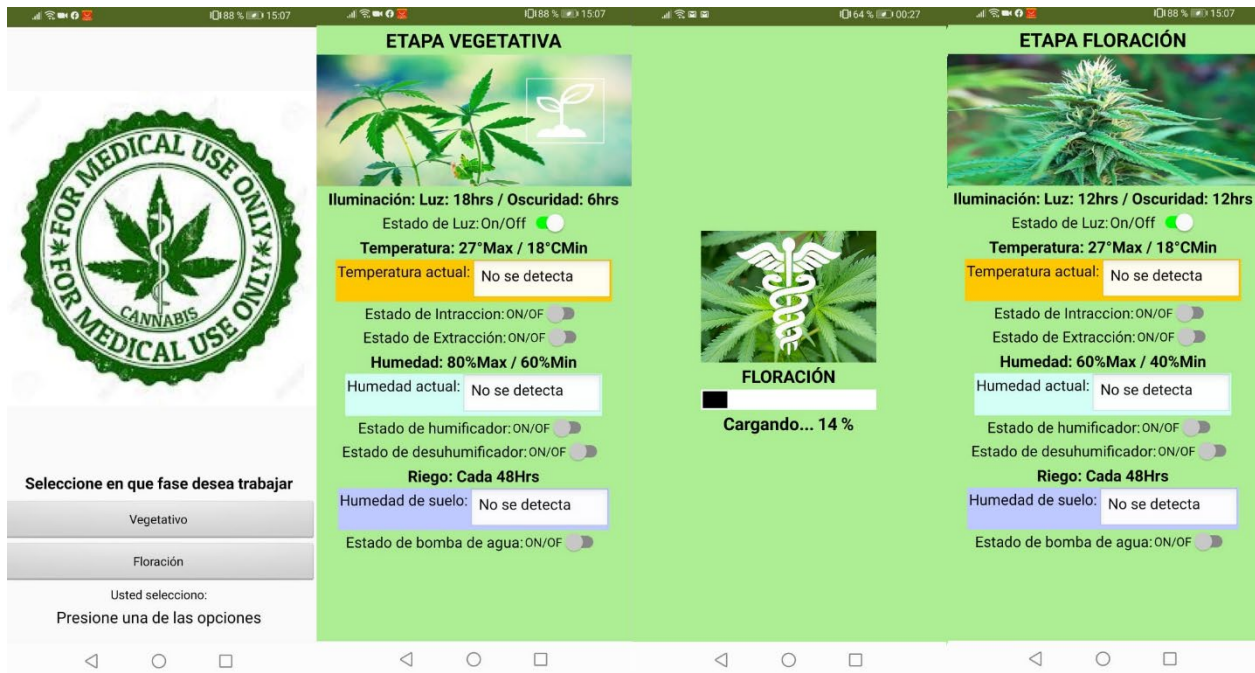
https://www.google.com/search?q=mit+app+inventor+2&rlz=1C1CHBD_esCL902CL902&sxsrf=ALeKk02Z9ACqyOtAxxk2sfAGU3r6J4aDiw:1597378696913&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwibi7Su65nrAhWHHLkGHVU9BWqQ_AUoAXoECBkQAw&biw=1920&bih=920#imarc=02BdhcRvir_BKM

Figura 2-8. Logo MIT app inventor



Fuente: Imagen tomada por el alumno

Figura 2-9. Programación realizada en MIT app inventor



Fuente: Imagen tomada por el alumno

Figura 2-10. Aplicación realizada en MIT app inventor

CAPÍTULO 3: RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN, Y COSTOS DE PROYECTO

3. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN, Y COSTOS DEL PROYECTO

En este informe, se ha mostrado una propuesta de cómo controlar y automatizar todo el proceso que permite cultivar una planta de cannabis medicinal. Esta propuesta fue implementada en el capítulo anterior, y en el presente capítulo se apreciarán los resultados de esta.

Además, se verán los diferentes problemas que sucedieron al momento de implementar el prototipo, y se mostrarán las posibles soluciones para estos problemas.

Finalizando el presente informe, se logrará apreciar el costo de los materiales utilizados, el valor de la mano de obra utilizada, y el costo final del proyecto.

3.1. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN

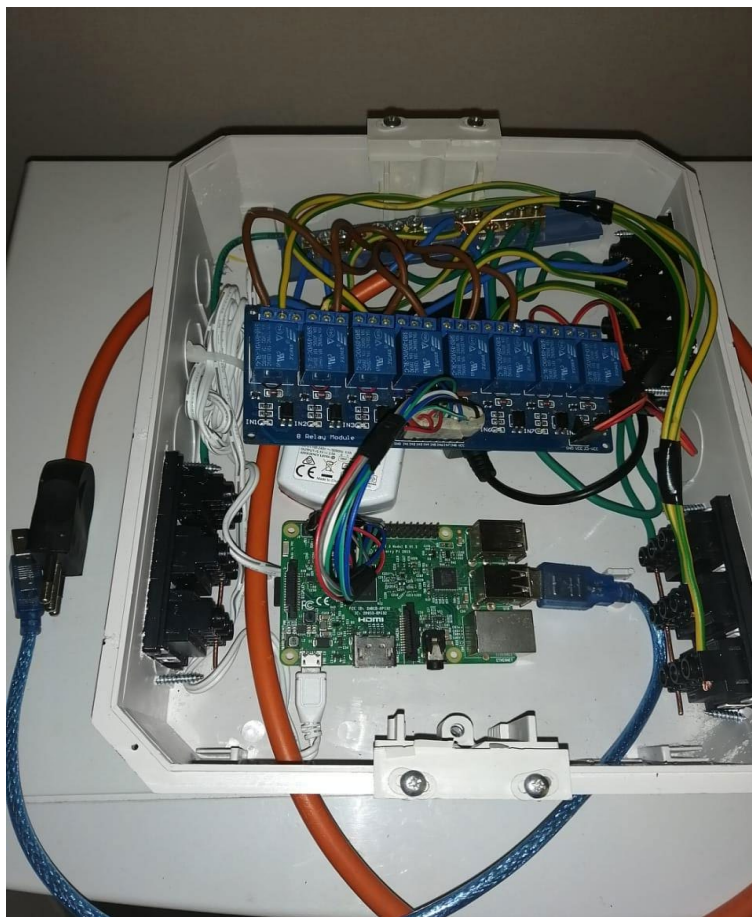
El resultado del prototipo realizado fue que se pudo controlar y automatizar los procesos necesarios para el cultivo de cannabis medicinal, el prototipo controló y automatizó con eficiencia, y eficacia, los dispositivos para controlar el ambiente, los riegos y el estado de iluminación del medio de cultivo, y todo esto en forma autónoma, solo con brindarles unos datos como lo son el ciclo que se desea que trabaje la planta ya sea el ciclo plántula, vegetativo o floración, la hora que desea darle luz, y los días que se debe regar las plantas, y también con los datos entregados por el Arduino de los sensores, además de lo anterior se logró concretar el monitoreo a través de la aplicación realizada con éxito en MIT Inventor. Se pueden monitorear en tiempo real, y de forma remota los parámetros en los que se encuentra el medio de cultivo, y el estado de los dispositivos con los cuales se estaban trabajando, todo esto a través de la base de datos en tiempo real y la aplicación móvil.

En los siguientes puntos se expondrá el resultado del proyecto.

3.1.1. Empaquetado del prototipo

El empaquetado del controlador consta de un tablero, en cual dispondrá de la Raspberry pi 3B, el módulo de 8 relés, estos dos con sus respectivos adaptadores de voltaje, además de los tomacorrientes y el cableado necesario para todo esto, junto con esto también se encuentra el enchufe que se dispone de este empaquetado para alimentar todo lo anterior descrito, y se puede observar en la figura 3-1 y 3-2.

Por motivos de falta de espacio el Arduino queda fuera de este empaquetado como se aprecia en la figura 3-3, pero idealmente debiese estar dentro.



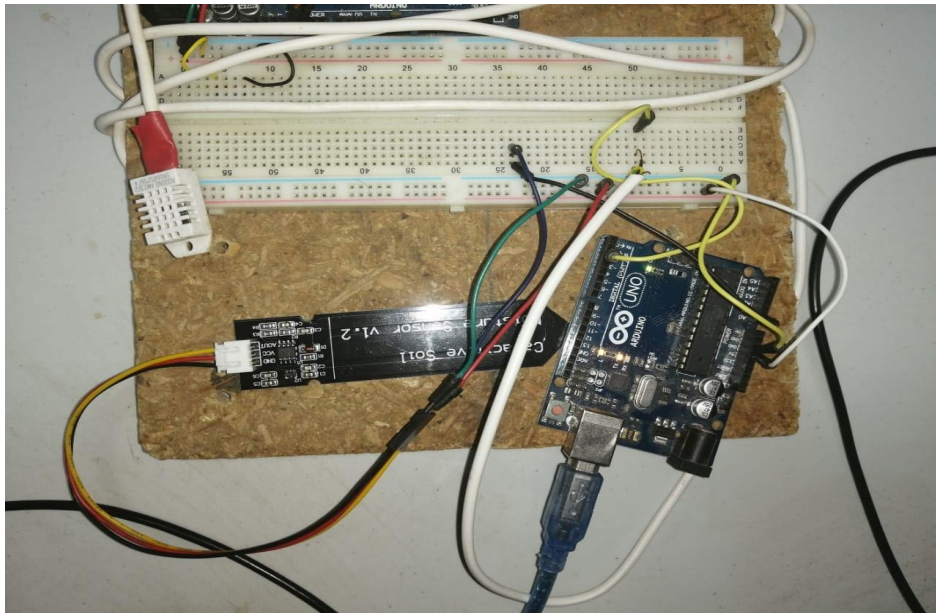
Fuente: Fotografía tomada por el alumno.

Figura 3-1. Prototipo abierto



Fuente: Fotografía tomada por el alumno.

Figura 3-2. Prototipo Cerrado



Fuente: Fotografía tomada por el alumno.

Figura 3-3. Arduino con respectivos sensores.

Los enchufes presentes en los tomacorrientes se disponen de la siguiente manera, como se evidencia en la tabla 3-1, para que se conecten los dispositivos a controlar.

Tabla 3-1. Conexión de los dispositivos

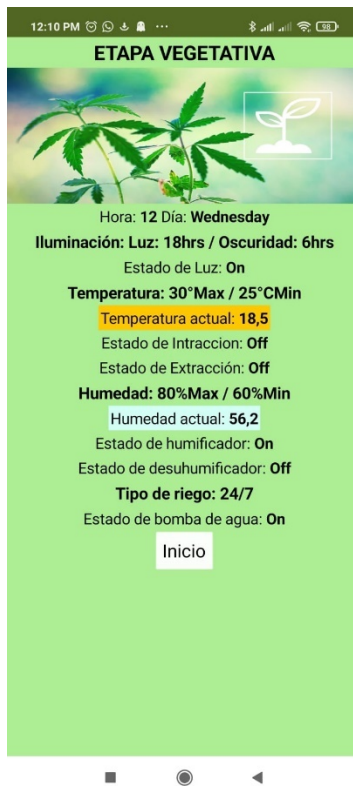
Enchufe	Dispositivos que conectar
1	Ventilador
2	Ventilador
3	Bomba de agua
4	Deshumidificador
5	Humidificador
6	Ampolleta

Fuente: Tabla creada por el alumno.

3.1.2. Funcionamiento del controlador

Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo de título, se puso de objetivo controlar y automatizar los procesos de un cultivo de cannabis medicinal, y visualizar todo por una aplicación, para poder enviar los datos necesarios para el cultivo, estos datos se deben escribir en un documento de texto dispuesta en la Raspberry, es por esto que se debe utilizar un computador para comunicarse remotamente a esta tarjeta de desarrollo, y modificar el documento de texto, para hacer cambios mencionados en el capítulo 2 como, el ciclo, la hora de iluminación, y los días de riego. Una vez realizada la configuración, ya no se requiere que se mantenga una conexión con el computador, pero si se requiere que se desalimente y se vuelva a alimentar el prototipo para que inicie con el control.

Realizado lo mencionado anteriormente, ya puede iniciar la aplicación móvil y observar todos los parámetros actualizados cada un pequeño tiempo, además de los datos ingresados anteriormente para controlar todos los procesos, los rangos máximos y mínimos de cada ciclo, también se señalará que dispositivo está funcionando y cuáles no, además de lo anterior se señala el día y hora actual, junto con la hora de encendido del foco y la hora de apagado de este.



Fuente: Fotografía tomada por el alumno.

Figura 3-4. Aplicación monitoreando.

Como se puede apreciar en la figura 3-4, la aplicación móvil está monitoreando en tiempo real todos los parámetros del ciclo de vegetación, como la hora de encendido de la iluminación, la temperatura y humedad en tiempo real, y el estado de cada uno de los equipos conectado al controlador. Cabe mencionar que el CO₂, no se pudo monitorear ya que el sensor no se obtuvo, pero se puede añadir una vez se obtenga.

3.2. CONSIDERACIONES

Para poder modificar las variables iniciales, se debe utilizar obligatoriamente un computador, o en su defecto usar periféricos directos en las Raspberry, lo cual lo hace incómodo, pero de todas formas una vez elegidas las variables, y esté todo conectado a la Raspberry al momento de conectar la alimentación, el programa automáticamente comenzará a correr por lo cual, si se automatizará y controlará, según los datos señalados.

El empaquetado del prototipo sigue siendo muy estrecho, es por lo que no cabe la segunda tarjeta gráfica, por lo cual se necesita un empaquetado más amplio, es por lo que el primer empaquetado se quiso cambiar por uno con mayor capacidad y que tenga una mejor disposición de los componentes, pero faltó espacio para la segunda tarjeta gráfica nuevamente, y además en el traspaso de componentes el módulo de 8 relés dejó de funcionar correctamente.

Se usó un sistema hidropónico, por lo cual el riego es durante 24hrs todos los días, en vez de usar los datos del sensor de humedad de suelo, de esta manera se controla de mejor manera el cultivo de la planta, mejorando la cantidad de medicina que se puede extraer de la planta, además de la calidad de esta.

3.3. POSIBILIDADES DE MEJORAMIENTO DEL PROYECTO

Una posibilidad de mejoramiento del proyecto es lograr un aprendizaje superior acerca de la creación de las aplicaciones móviles, de esa manera se lograría obtener una interfaz más amigable y fácil de manipular junto con tener más datos sobre el cultivo que se está realizando e incluso además de lograr el monitoreo remoto del cultivo, lograr modificar o personalizar los parámetros del cultivo en tiempo real a través de la misma aplicación.

3.4. COSTOS DE PROYECTO

En esta sección se dará a conocer el total de los costos relacionados al prototipo realizado, como lo son el costo de los materiales y componentes utilizados, además del costo de recursos humanos.

3.4.1. Proveedores de componentes y materiales

Para el presente prototipo del proyecto realizado, se hizo una cotización de dos proveedores diferentes de los materiales y componentes utilizados, y en la siguiente tabla 3-2 se puede apreciar.

Tabla 3-2. Proveedores por componente y/o material.

Componente/Material	Costo (CLP)	Proveedor cotizado
Raspberry Pi 3B	\$43.990	MCI Electronics
	\$16.670	Aliexpress
Arduino UNO	\$14.990	MCI Electronics
	\$3.960	Aliexpress
Módulo de 8 relés	\$9.990	MCI Electronics
	\$4.020	Aliexpress

Sensor DHT22	\$5.990	MCI Electronics
	\$2.870	Aliexpress
Sensor capacitivo de humedad	\$6.990	MCI Electronics
	\$1.940	Aliexpress
Table embutible PVC	\$16.160	Sodimac
	\$16.160	Construmart
Tomacorriente triple 10A	\$2.590	Sodimac
	\$2.990	Construmart
Cable eléctrico	\$2.590	Sodimac
	\$2.490	Construmart
Adaptador 5v/2A	\$4.990	Sodimac
	\$4.770	Mercado Libre
Enchufe macho	\$690	Sodimac
	\$990	Mercado Libre

Fuente: Tabla creada por el alumno.

3.4.2. Evaluación de costos por mano de obra

El proyecto realizado tiene una serie de componentes y materiales, necesarios para su creación los cuales se vieron anteriormente, pero también para que se concretara el proyecto fue necesaria la mano de obra o recurso humano, por lo cual se averiguó el sueldo de los trabajadores egresados de Técnico en Electrónica formados por la Universidad Técnica Federico Santa María.

En el cuarto año de empleabilidad de un técnico en electrónica egresado de la Universidad Técnica Federico Santa María, tiene un salario promedio entre \$1.000.000 a un \$1.100.000 por 180 horas trabajadas, estos resultados fueron extraídos de la página web Mi futuro, la cual muestra el promedio de los sueldos de alumnos egresados de diferentes carreras y universidades.

Para el cálculo del costo de la mano de obra implementada se usó el valor de \$1.000.000 por 180 horas trabajadas, este permitió determinar que cada hora tiene un costo \$5.555, y este valor multiplicado por las horas trabajadas en el proyecto que equivalen a 100 horas, determina que el costo total de la mano de obra es de \$555.500, como se puede apreciar en la siguiente tabla 3-3.

Tabla 3-3. Costos por mano de obra

Horas dedicadas	Costo hora-hombre (CLP)	Costo hora-hombre (UF)	Costo total de recurso humano (CLP)	Costo total de recurso humano (UF)
100	\$5.555	0,19	\$555.500	19,38

Fuente: Tabla creada por el alumno.

3.4.3. Costos finales del proyecto

En el siguiente apartado se darán a conocer los costos totales de los materiales y componentes adquiridos de su respectivo proveedor, y se puede observar en la tabla 3-4, cabe mencionar que algunos materiales no fueron comprados, ya que se contaban con ellos con anterioridad, pero de igual manera se contempla en la tabla.

Tabla 3-4. Costos finales por cada componente y material.

Componente/Material	Proveedor seleccionado	Costo por unidad (CLP)	Cantidad adquirida	Costo final (CLP)
Raspberry Pi 3B	MCI Electronics	\$43.990	1	\$43.990
Arduino UNO	MCI Electronics	\$14.990	1	\$14.990
Módulo de 8 relés	MCI Electronics	\$9.990	1	\$9.990
Sensor DHT22	MCI Electronics	\$5.990	1	\$5.990
Sensor capacitivo de humedad	MCI Electronics	\$6.990	1	\$6.990
Table embutible PVC	Sodimac	\$16.160	1	\$16.160
Tomacorriente triple 10A	Sodimac	\$2.590	3	\$2.590
Cable eléctrico	Sodimac	\$2590	1	\$2.590
			Costo total	\$108.470

Fuente: Tabla creada por el alumno.

El costo total del prototipo realizado es el costo final de los materiales, junto con la mano de obra empleada, la cual se puede observar en la siguiente tabla 3-5.

Tabla 3-5. Costo final del proyecto desarrollado.

Moneda	Costo total de materiales	Costo total de recursos humanos	Costo total del proyecto
Pesos (\$)	\$108.470	\$555.500	\$663.970
Unidad de fomento (UF)	3,78	19,38	23,16

Fuente: Tabla creada por el alumno.

El valor final de este proyecto se dispara por 2 razones, la primera es por el costo de la mano de obra, pero este costo fue calculado para un técnico en el electrónica en su cuarto año de empleabilidad, por lo cual este proyecto se puede desarrollar con un técnico con menos años de empleabilidad, la segunda razón por la que se dispara, es porque la mayoría de los componentes se compraron en el proveedor con los valores más elevados, esto se debió por motivos de obtener los materiales y componentes lo más rápido posible, ya que el segundo proveedor no se encontraba en Chile, por lo cual los materiales hubiesen llegado mucho tiempo después.

CONCLUSIONES

Este trabajo de título, surgió al apreciar diferentes problemas que transcurren en un cultivo de cannabis medicinal, ya que la planta de cannabis tiene diferentes parámetros ambientales para que se desarrolle en forma correcta, controlando estos parámetros se evitan posibles plagas, hongos, carencias o hasta la misma muerte de esta planta, perdiendo toda la cosecha, esto se traduce en perder todo el tiempo que se invirtió en el cultivo de la planta y perder todo lo que será una futura medicina terapéutica, por lo cual controlar y automatizar el proceso de cultivo es lo ideal.

En Los diferentes capítulos se puede apreciar un prototipo para controlar y automatizar todo el proceso de cultivo, logrando el clima ideal para que se desarrolle la planta facilitando al usuario esté proceso, y esto monitoreado en tiempo real a través de una aplicación móvil, observando todo lo que se está desarrollando en el cultivo, de manera remota.

Este proyecto es ideal para cualquier persona que desee cultivar cannabis, ya que un grupo muy elevado de usuarios de cannabis medicinal, requieren de esta planta para poder tener su medicina, pero por falta de tiempo e información, recurren al mercado negro para obtener su medicina, lo cual significa una pérdida de dinero, y un riesgo, ya que no se sabe cómo fue cultivada esa planta de cannabis, o si se le aplicaron algunos productos dañinos para la salud, es por aquello que la mejor opción es cultivar, pero si no se hace con parámetros controlados, no se logra obtener una cosecha abundante, por lo cual este proyecto le sirve bastante a la comunidad que se medica con cannabis.

BIBLIOGRAFÍA

EL PAÍS. Legalización del cannabis en Canadá [En línea]
<https://elpais.com/sociedad/2018/10/17/actualidad/1539800564_486081.html> [consulta: 23 de abril del 2020].

CÁÑAMO Países con las leyes mas duras contra la marihuana [En línea]
<<https://canamo.net/noticias/mundo/los-7-paises-con-las-leyes-mas-duras-contra-la-marihuana>>[consulta: 23 de abril del 2020].

HOUSE OF WEED. Componentes del cannabis [En línea]
<<https://hwhouseofweed.blogspot.com/2017/07/compuestos-del-cannabis-y-el-efecto.html>>
[consulta: 23 de abril del 2020].

ALCHIMIA WEB. Los cannabinoides y sus propiedades medicinales [En línea]
<<https://www.alchimiaweb.com/blog/los-cannabinoides-y-suspropiedades-medicinales/>>
[consulta: 23 de abril del 2020].

PLANTSNOTPILLS. Componentes del cannabis [En línea]
<<https://plantsnotpills.es/componentes-del-cannabis/>> [consulta: 23 de abril del 2020].

ACEITE DE CANNABIS ECUADOR. Enfermedades tratadas con cannabis [En línea]
<https://www.aceitedecannabisecuador.com/enfermedades-susceptibles-de-ser-tratadas-con-cannabis/> [consulta: 23 de abril del 2020].

Marihuana: horticultura del cannabis (La biblia del cultivador medico de interior y exterior)
Autor: Jorge Cervantes

XATAKA. Raspberry pi 3B+ [En línea]

<<https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-3-model-b-analisis-mas-potencia-y-mejor-wifi-para-un-minipc-que-sigue-asombrando>> [consulta: 25 de abril del 2020].

PROYECTOARDUINO. Arduino UNO R3 [En línea]

<<https://proyectoarduino.com/arduino-uno-r3/>> [consulta: 25 de abril del 2020].

MICRO JPM. Características del sensor MG811 [En línea]

<<https://www.microjpm.com/products/mg811-co2-sensor-dioxido-carbono/>> [consulta: 25 de abril del 2020].

CDMX ELECTRÓNICA. Características del sensor de PH [En línea]

< <https://www.cdmxelectronica.com/producto/sensor-de-ph-liquido/3>> [consulta: 25 de abril del 2020].

ELECTRONICLAB. Características del sensor DHT11 [En línea]

<<https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11/>> [consulta: 25 de abril del 2020].

PCBWAY. IoT Using Raspberry Pi and Firebase and Android [En línea]

<https://www.pcbway.com/project/shareproject/IoT_Using_Raspberry_Pi_and_Firebase_and_Android.html> [consulta: 01 de Agosto del 2020].

ANEXOS**Código de programación de Raspberry Pi 3B:**

```
import csv
import requests
from datetime import datetime
from puerto import ser
from rele import rele
import time
import serial
import re
import pyrebase
import os
import calendar

# Configuración de Firebase
config = {
    "apiKey": " 035kHEOvq5ywTCJtZrRjRNfhazesgKzDHOAShHRH",
    "authDomain": "controlador-bf6d9.firebaseio.com",
    "databaseURL": "https://controlador-bf6d9.firebaseio.com",
    "storageBucket": "controlador-bf6d9.appspot.com",
}

firebase = pyrebase.initialize_app(config)
db = firebase.database()

# Configuración del puerto serie
```

```
puerto_serie = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600, timeout=1) # Ajusta el nombre del puerto  
según tu configuración
```

```
# Inicialización de variables
```

```
d_riego = None
```

```
riego = None
```

```
seguro = None
```

```
clap = 1
```

```
seg = None
```

```
d = datetime.now()
```

```
contador = 3
```

```
hora_riego = 0
```

```
t_riego = 15
```

```
contador_a = t_riego
```

```
min0 = d.minute
```

```
min0_a = d.minute
```

```
T1 = None
```

```
H1 = None
```

```
C1 = None
```

```
ed = None
```

```
eh = None
```

```
ee = None
```

```
er = None
```

```
sen = []
per = [None, None, None, None]
por = [None, None, None]

# Umbrales
Href = 50
Hmax = 70
Hmin = 40
CO2ref = 1500

fase = None

while True:
    d = datetime.now()
    fecha = "{:%Y-%m-%d}".format(d)
    hora = "{:%H:%M:%S}".format(d)
    try:
        linea = ser.readline()
        linea = linea.decode('utf-8')
        sen = re.findall("[-+]?\\d+[\\.]?\\d+[eE]?[-+]?\\d*", linea)
    except serial.SerialException as e:
        print(f"Error en la lectura del puerto serie: {e}")

# Variables sensores
if len(sen) >= 3:
    C = sen[0]
    T = sen[1]
    H = float(sen[2])
```

```
C1 = C
T1 = T
H1 = H
else:
    continue

# Comprobar errores
if len(sen) < 11:
    if C1 > 10:
        sen = [C1, T1, H1, "0", "0", "0", "0", "0", "0", "0", "0"]
    else:
        sen = ["1500", "0", "0", "0", "0", "0", "0", "0", "0", "0", "0"]

# Importacion de valores
file_path = "/home/pi/Control/import.txt"
if os.path.exists(file_path):
    with open(file_path) as file:
        for i, line in enumerate(file):
            if i == 0:
                valores = line.strip().split()
                ciclo = valores[0]
                Hora0 = int(valores[1])
            if i == 1:
                d_riego = line.strip().split()
                print ("Los dias de riego son:", d_riego)

# Luz
if ciclo == 'plantula':
    FI = 20
```

```
Fo = 4
elif ciclo == 'vegetativa':
    Fl = 18
    Fo = 6
elif ciclo == 'floracion':
    Fl = 12
    Fo = 12

delta = Hora0 - 24
horaoff = Fl + delta
horaon = Hora0
if horaon <= d.hour or d.hour < horaoff:
    rele(4, 1)
    fase = 'luminosa'
    per[0] = 1
    el = "On"
    rele(7, 0)
    rele(8, 0)

if horaoff <= d.hour < horaon:
    rele(4, 0)
    fase = 'oscura'
    per[0] = 0
    el = "Off"
    rele(7, 0)
    rele(8, 0)

# Estados y fases
if ciclo == 'plantula':
```

```
Hmax = 70
Hmin = 60
Href = 65
if fase == 'luminosa':
    Tref = 24
    Tmax = 25
    Tmin = 20
if fase == 'oscura':
    Tref = 18
    Tmax = 20
    Tmin = 15
    #Hsuelomin = 30
    #Hsuelomax = 70
    #Hsueloref = 60
if ciclo == 'vegetativa':
    Hmax = 70
    Hmin = 60
    Href = 65
    if fase == 'luminosa':
        Tref = 28
        Tmax = 30
        Tmin = 25
    if fase == 'oscura':
        Tref = 23
        Tmax = 25
        Tmin = 20
        #Hsuelomin = 30
        #Hsuelomax = 70
        #Hsueloref = 60
```

```
if ciclo == 'floracion':
    Hmax = 50
    Hmin = 40
    Href = 45
    if fase == 'luminosa':
        Tref = 24
        Tmax = 26
        Tmin = 22
    if fase == 'oscura':
        Tref = 16
        Tmax = 18
        Tmin = 14
        #Hsuelomin = 30
        #Hsuelomax = 70
        #Hsueloref = 60

#Preparacion de lista
for i in range(len(sen)):
    sen[i]=float(sen[i])
#Conversion a %
por[0]= round(((float(T)-Tmin)/(Tmax-Tmin)),2)
por[1]= round(((float(H)-Hmin)/(Hmax-Hmin)),2)
por[2]= 1
for i in range(len(per)):
    sen[i+len(per)-1]=per[i]
print (len(sen))
for i in range(len(por)):
    sen[i+(len(per)+len(por)+1)]=por[i]
sen[7]=hora
```

```
sen[8]=fecha
print (sen)
#Escritura texto
csvfile="data.csv"
gesto="gesto.csv"
with open(csvfile, "a", newline=") as salida:
    wr= csv.writer(salida)
    wr.writerow(sen)
with open(gesto,"w", newline=")as mueca:
    wrt=csv.writer(mueca)
    wrt.writerow(per)

#Contador Humedad
d = datetime.now()
minactual = d.minute

if abs(contador) >= 3:
    min0 = minactual
    if abs(contador) > 3:
        contador = 3

if abs(contador) < 3:
    contador = minactual - min0

#Contador Riego
d = datetime.now()
minactual_a = d.minute

if seguro == 1:
```

```
print ("Valido")
if abs(contador_a) >= t_riego:
    min0_a = minactual_a
    if abs(contador_a) > t_riego:
        contador_a = t_riego

if abs(contador_a) < t_riego:
    contador_a = minactual_a - min0_a
```

#Gestion perifericos

#Humedad

```
if float(H) >= Hmax:#DesHumi
```

```
    rele(6,1)
```

```
    ed = "On"
```

```
    per[1]=1
```

```
if float(H) <= Href:
```

```
    rele(6,0)
```

```
    ed = "Off"
```

```
    per[1]=0
```

```
if float(H) <= Hmin:#Humi
```

```
    rele(5,1)
```

```
    eh = "On"
```

```
    per[2]=1
```

```
if float(H) > Href:
```

```
    rele(5,0)
```

```
    eh = "Off"
```

```
    per[2]=0
```

```
#Ventiladores
```

```
if ((float(T) > Tmax) or (contador < 3 and float(H) > Hmax and float(T) > Tmin) or float(H) >
Hmax+5):
```

```
    rele(1,1)
```

```
    rele(2,1)
```

```
    ee = "On"
```

```
    per[3]=1
```

```
elif ( (float(H) < Hmin and (float(T)<= Tmax + 3)) or (float(T) <= Tref and contador==3)):
```

```
    rele(1,0)
```

```
    rele(2,0)
```

```
    ee = "Off"
```

```
    per[3]=0
```

```
#Riego
```

```
dia = d.today()
```

```
hoy = calendar.day_name[dia.weekday()]
```

```
#Comparacion seguro
```

```
if hoy not in d_riego:
```

```
    seg = 1
```

```
    riego = 0
```

```
if hoy in d_riego and riego == 0:
```

```
    seg = 0
```

```
if (hoy in d_riego and seg == 0 and riego == 0):
```

```
    if d.hour < hora_riego:
```

```
        riego = 0
```

```
if (d.hour == hora_riego):
    er = "Iniciando riego"
    contador_a = 0
    rele(3,1)
if (contador_a >= 0 and seguro == 1):
    # rele(3,0)
    rele(3,1)
    er = "Regando"
    if contador_a == t_riego-1:
        er = "Finalizando riego"
if (contador_a == t_riego and riego == 0):
    rele(3,0)
    seg= 1
    er = "Riego finalizado"
    riego = 1
```

```
#Enviar datos a la base firebase
```

```
datos = {
    "ciclo": ciclo,
    "fase": fase,
    "dia": hoy,
    "hora": hora,
    "horaluz": horaon,
    "horaosc": horaoff,
    "tempmax": Tmax,
    "tempmin": Tmin,
    "hummax": Hmax,
    "hummin": Hmin,
    "tempactual": T,
```

```

"humactual": H,
"CO2": C,
"estadoluz": el,
"estadodesumificador": ed,
"estadohumificador": eh,
"estadoventiladores": ee,
"estadoriego": er,
}

```

```

#Enviar datos a Firebase
db.child("Controlador").set(datos)

```

```

# Impresion

```

```

print ("\nEl ciclo es:", ciclo)
print (".....")
print ("La fase es:", fase)
print ("-----")
print ("El dia de hoy es:", hoy)
print ("-----")
print ("Hora actual:", hora, "|| Hora encendido:", horaon, "pm", "|| Hora apagado:", horaoff,
"am")
print ("-----")
print ("T maxima:", Tmax, "|| T minima:", Tmin, "|| H maxima:", Hmax, "|| H minima:", Hmin)
print ("-----")
print ("T actual:", T, "|| Hum actual:", H, "|| CO2:", C, "Contador de riego:", contador_a,) #
"Humedad Suelo: 0" #Hsuelo
print ("-----")

```

```
print ("Estado Luz", el, " | Estado deshumificador", ed, " | Estado humificador:", eh, " | Estado Ventilacion:", ee, " | Estado Riego:", er)
```

```
time.sleep(10)
```

Codigo de programación Arduino Uno:

```
#include "DHT.h"
```

```
#include "OneWire.h"
```

```
#include "DallasTemperature.h"
```

```
#define DHTPIN1 2
```

```
#define DHTTYPE1 DHT22
```

```
#define RELAY1 3
```

```
#define ONE_WIRE_BUS 3
```

```
#define AOUT 0 // Pin analógico "A0" para conectar la salida del sensor de humedad capacitivo
```

```
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
```

```
DallasTemperature sensores(&oneWire);
```

```
DeviceAddress Sensor;
```

```
int dhTs = 1;
```

```
DHT dht1(DHTPIN1, DHTTYPE1);
```

```
const int Valor_Sensor_Aire = 525; // Valor calculado con el programa de calibración con el sensor al aire
```

```
const int Valor_Sensor_Agua = 266; // Valor calculado con el programa de calibración con el sensor sumergido en agua
```

```
int valor_sensorHS = 0; // Variable que almacena el valor de salida del sensor de humedad
capacitivo
```

```
int HSuelo = 0; // Variable que almacena el porcentaje de humedad relativa del terreno
```

```
int dht[5];
```

```
float h;
```

```
float t;
```

```
// Valores de referencia
```

```
float T;
```

```
float H;
```

```
void setup(){
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  dht1.begin();
```

```
  pinMode(RELAY1, OUTPUT);
```

```
  sensores.begin();
```

```
  if(!sensores.getAddress(Sensor,0)) Serial.println("No se detecta el sensor");
```

```
}
```

```
void Mostrar_Direccion(DeviceAddress direccion)
```

```
{
```

```
  int i;
```

```
  for (i=0;i<8;i++)
```

```
  {
```

```
    Serial.print("0x");
```

```
    if (direccion[i]<16) Serial.print("0");
```

```
    Serial.print(direccion[i],HEX);
```

```
}  
}
```

```
void loop(){
```

```
  delay(2000);
```

```
  digitalWrite(RELAY1, 0);
```

```
  int i;
```

```
  h = dht1.readHumidity();
```

```
  t = dht1.readTemperature();
```

```
  valor_sensorHS = analogRead(AOUT);
```

```
// Se calcula el porcentaje de humedad relativa teniendo en cuenta los dos límites
```

```
HSuelo = map(valor_sensorHS, Valor_Sensor_Agua, Valor_Sensor_Aire, 100, 0);
```

```
if(HSuelo < 0) HSuelo = 0; // Evita porcentajes negativos en la medida del sensor
```

```
if(HSuelo > 100) HSuelo = 100; // Evita porcentajes negativos en la medida del sensor
```

```
float H = h / dhTs;
```

```
float T = t / dhTs;
```

```
float HS = HSuelo;
```

```
Serial.print("Humedad de suelo: ");
```

```
Serial.print(HS);
```

```
Serial.println("%");
```

```
Serial.print("Co:");
```

```
Serial.print(1500);
```

```
Serial.print("T: ");
```

```
Serial.print(T);
```

```
Serial.print("H: ");  
Serial.print(H);  
Serial.print(" || Direccion sensor T OneWire: ");  
Mostrar_Direccion(Sensor);  
  
Serial.println();  
}
```