



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS

VISIÓN ELECTRÓNICA

Algo más que un estado sólido

<https://doi.org/10.14483/issn.2248-4728>



VISIÓN ELECTRÓNICA

**“CROPMINDER GULUPA”, PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE MONITOREO
EN UN CULTIVO DE GULUPA.**

*“CROPMINDER GULUPA”, ELECTRONIC PROTOTYPE FOR MONITORING
IN A GULUPA CROP.*

Quevedo Oscar, Álvarez Juan, Hernández Henry

Resumen

En el municipio de Ramiriquí, ubicado en Boyacá, cuya altitud media es de 2183 msnm[1], una temperatura de 14 a 25 ° C y con un promedio anual de lluvias entre 500 a 1000 mm[2], se ubica un cultivo de Gulupa con extensión de una hectárea, con alrededor de 2000 plantas.

Al no existir sistemas que permitan la verificación y/o regulación de humedad y temperatura, debido a la variabilidad del clima, puede que existan varios sitios en los cuales las condiciones del cultivo no son las ideales, por lo cual si en el cultivo no se mantienen condiciones ideales pueden dar origen a enfermedades, plagas, estrés hídrico, lo que origina que la plantación se vea afectada de tal manera que se originen pérdidas en la producción.

En este cultivo se implementó un prototipo electrónico el cual a lo largo del documento se llamará **“CropMinder Gulupa”**, tiene la capacidad de monitorear y/o supervisar las variables de: Temperatura ambiente, humedad relativa en el ambiente y suelo que son digitalizadas cada segundo con la posibilidad de verlas por medio de una pantalla ayudada con

Neopixel que cambian de color según la medición, con la posibilidad de almacenar alrededor de 40 muestras de las variables digitalizadas. La presión se utiliza para saber la altitud.

Con las muestras obtenidas se realiza un informe comparando la información de hojas técnicas CCB "Manual Gulupa", determinando el estado de la planta con respecto a estas variables.

Palabras clave: Bluetooth, Análisis de circuitos, Aplicaciones informáticas, Circuitos electrónicos, Componentes electrónicos, Microcontroladores, Sensores multimodales, Wireless LAN.

Abstract

In the municipality of Ramiriquí, located in Boyacá, whose average altitude is 2183 masl, a temperature of 14 to 25 °C and with an average annual rainfall between 500 to 1000 mL[1], there is a Gulupa crop with extension of one hectare, with around 3000 plants.

In the absence of systems that allow the verification and/or regulation of humidity and temperature, due to the variability of the climate, there may be several places in which the cultivation conditions are not ideal, so if the cultivation does not Maintaining ideal conditions can give rise to diseases, pests, water stress, which causes the plantation to be affected in such a way that production losses are caused.

In this crop, an electronic prototype was implemented, which throughout the document will be called "**CropMinder Gulupa**", has the ability to monitor and/or supervise the variables of: Ambient temperature, relative humidity in the environment and soil that are digitized every second. with the possibility of seeing them through a screen aided by Neopixel that change

color according to the measurement, with the possibility of storing around 40 samples of the digitized variables. The pressure is used to know the altitude.

With the samples obtained, a report is made comparing the information of CCB technical sheets "Manual Gulupa", determining the state of the plant with respect to these variables.

Keywords: *Bluetooth, Circuit analysis, Computer applications, Electronic circuits, Electronic components, Microcontrollers, Multimodal sensors, Wireless LAN.*

Introducción

La Gulupa cuyo nombre taxonómico es Passiflora pinnatistipula, es una planta trepadora con tallos de color blancuzco y de flor con características de corona con colores rosado, rojos, lilas. Tiene características ligeramente oblongas, con diámetros de 4cm a 6cm, un peso de 6 gr, cascara fina sin corrugaciones y cuando esta lista para su cosecha su color es púrpura, conteniendo fósforo, calcio, vitaminas y un aproximado de 1,5% de proteína por fruto [3].

Proveniente del norte de Brasil, el norte de Perú y sur de Colombia, siendo específicamente en este país, se da en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Tolima y crece como una planta silvestre en las montañas del territorio colombiano. Las condiciones de cultivo son que el lugar tenga una altitud entre 1800 msnm a 2400 msnm, temperaturas entre 15 y 20 ° C, humedad relativa ambiente entre 70 al 80%[2]–[5].

En las plantaciones de Gulupa, se aplican BPA (Buenas prácticas Agrícolas), siendo que la fruta es susceptible a cambios extremos de temperatura y humedad, con lo que puede afectar la productividad y salud de las plantas[3].

Soluciones parciales a estas problemáticas son dadas por : Herrera Gomez A, y Reinoso Gutierrez J de la Unillanos, ***Diseñaron e implementaron una aplicación SIG para la supervisión y monitoreo de sensores en el campo de la agricultura de la presión***[6] ,

Betancourt Catro L de la Unillanos, **implemento sensores de humedad en el suelo tipo sonda con sistema de monitoreo para aplicaciones de agricultura de presión**[7], Chaves Cotrino C, y Martin Martin L de la PUJ, **desarrollaron un tensiómetro electrónico**[8], Quintero Pulgar J de la UNAL, desarrollo un **sistema para manejo de datos climáticos de pequeñas producciones agrícolas bajo invernadero**[9], entre otros.

Este trabajo presenta una solución parcial al problema en el municipio de Ramiriquí, ubicado en la cordillera central, en la provincia de Márquez, Boyacá, cuya altitud media es de 2183 msnm, una temperatura con una variación de 14 a 25 ° C y con un promedio anual de lluvias entre 500 a 1000 mm [2], implementando a **CropMinder Gulupa**, el cual permite el monitoreo, supervisión de las siguientes variables: temperatura ambiente, presión, humedad ambiente y suelo. En primer lugar, la temperatura, humedad, se digitalizará en 1s y la presión se digitaliza para saber la altitud del terreno, por medio de comparación de datos adquiridos previamente y almacenados en el dispositivo y hojas técnicas de la Gulupa, se realiza un informe diagnostico el cual determina el estado del cultivo con respecto a las variables censadas anteriormente.

La placa de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board) de **CropMinder Gulupa** se desarrolló de tal manera que sea ergonómico, minimalista, e intuitivo para el usuario, la programación se realizó por medio del lenguaje de alto nivel Micropython[10] el cual fue diseñado para microcontroladores, con la plataforma ESP-32[11].

En un cultivo de Gulupa con extensión de una hectárea, con alrededor de 2000 plantas, se realizó una muestra de alrededor de 21 plantas, abarcando $\frac{1}{4}$ del área total del cultivo,

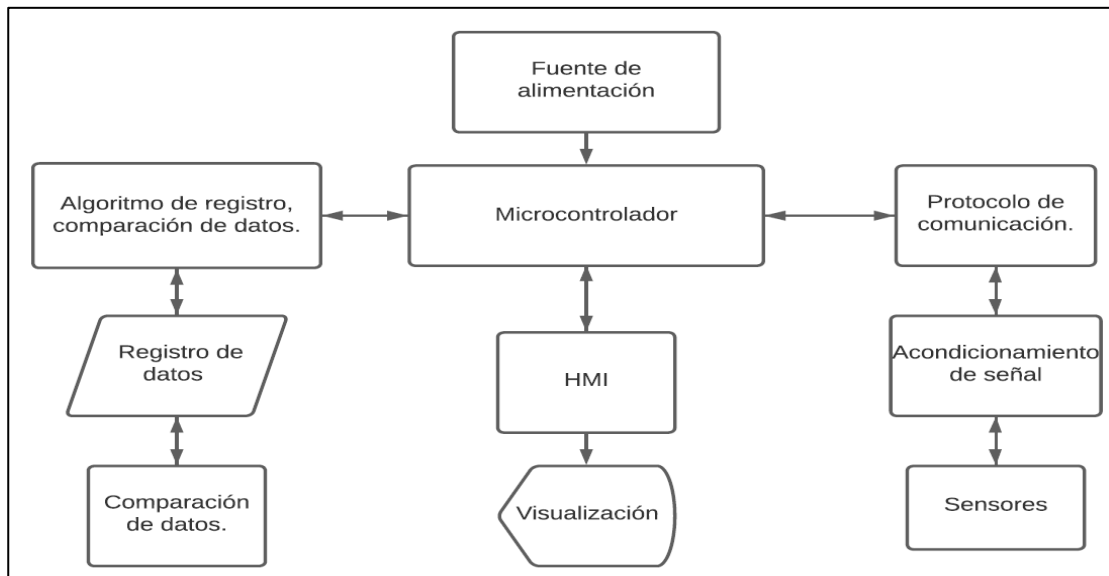
caracterizando una sección de cultivo con 7 años de cosecha y otra con cultivo recientemente cosechado.

Un resultado preliminar arroja que las temperaturas ambientales en el momento de mediciones eran demasiado altas con respecto a la región y es importante controlar la humedad ya que de esta se derivan la mayoría de las plagas, enfermedades que afectan a la producción de Gulupa.

1. Materiales y métodos.

Por medio de un diagrama de bloques se identifican las características principales para la construcción del prototipo electrónico.

Figura 1. Diagrama de bloques.



Fuente: elaboración propia.

1.1. Selección de microcontrolador, sensores, pantalla.

En el diagrama de flujo de la **figura 1**, se identificó los siguientes materiales para la construcción del prototipo electrónico.

Tabla 1. Componentes electrónicos.

Componentes electrónicos.	
Sensor de temperatura ambiente.	Microcontrolador.
Sensor de humedad relativa ambiente.	Pantalla LCD.
Sensor de humedad relativa en suelo.	Botones de navegación.
Sensor de presión.	Neopixel

Fuente: elaboración propia.

En las **Tablas 2 y 3**, se consultan características de tres componentes de cada categoría, analizando precios, características relevantes.

En la **Tabla 4**, se escogerán los elementos acordes al diseño ergonómico, minimalista, e intuitivo para el usuario buscado.

Tabla 2. Comparación microcontroladores.

MCU	Precio	Características	LP	Dimensiones
ESP-32	\$6,95 USD	Procesador dual core Xtensa LX6 @ 240 Mhz, 520 Kb de RAM, Wifi, Bluetooth 4.0 BLE, 16 pines ADC, 2 pines DAC, 2 UART, 2 I2C, 4 SPI, 16 canales PWM para un total de 36 pins[11].	Arduino, C++, Micropython,	51 x 23 x 8 mm
Raspberry pi 3B+	\$86,90 USD	Procesador Broadcom BCM2837B0 Cortex-A53 64-bit SoC @ 1,4 GHz, 4 nucleos, 1 GB de RAM, 40 pines de conexión, 4 USB 2.0, Bluetooth 4.2 BLE, WIFI.[12]	Python, Scratch, Java, C	82 x 56 x 19,5 mm

Arduino 2560	\$21,51 USD	Microprocesador ATmega2560 @ 16 Mhz, 8 nucleos, 8KB de SRAM, 54 pines digitales in/out, 16 entradas ADC[13].	Arduino	101.52 x 53.3 mm
-----------------	----------------	--	---------	---------------------

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Comparación sensores.

Sensor	Precio	Interfaz	Medición	Resolución	Rango de medición	Precisión
Lm75a	2,19 USD	I2C	Temperatura	0.5 °C	-55 °C a + 125 °C	±2 °C
DHT11	1,69 USD	Digital	Temperatura-Humedad relativa	1°C	0°C a 50°C	±2 °C
				1%	20% a 90%	±5 % HR
Max6675	4,43 USD	SPI	Temperatura	0,25°C	-200 °C a 1372°C	±2 °C
BMP 280	1,67 USD	I2C y SPI	Temperatura-Presión	0,0018 °C	-40 °C a 85 °C	±1 °C
				0,01 hPa	300 hPa a 1100hPa	±1 hPa
GY-63 MS5611	8,88 USD	I2C y SPI	Temperatura-Presión	0,01 °C	-40 °C a 85 °C	±1 °C
				0,01 mbar	10 mbar a 1200 mbar	±1 mbar
YL-69	1,27 USD	Analógica	Humedad suelo		0% a 100%	±5 % HR

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Componentes o materiales electrónicos seleccionados.

Componente	Razón
ESP-32	Precio, conexiones wifi-bluetooth, dimensiones, varias opciones para programarlo, doble núcleo.

Sensor DHT11	Precio, medición de temperatura y humedad en un solo modulo ahorrando espacio.
Sensor YL-69	Precio
Sensor BMP280	Conexión, precio, medición de temperatura y presión.
TFT DFR0529	Display circular, en concordancia del diseño minimalista buscado.
Neopixel	Capacidad de tener varios colores, en concordancia del diseño minimalista buscado.
Encoder rotativo HW-40	Navegación fácil, ahorro de espacio, fácil uso.

Fuente: elaboración propia.

2. Metodología

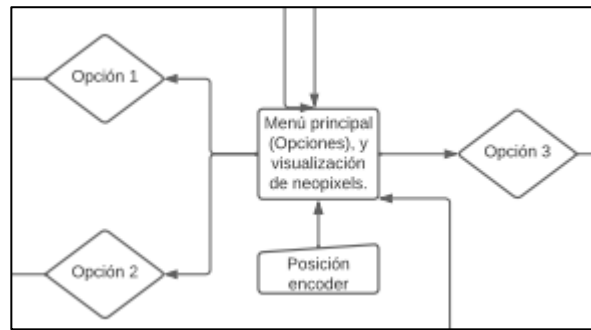
2.1. Diseño lógico

En la programación final de **CropMinder Gulupa**, debido a que tiene varios procesos extensos, se optó por medio de un diagrama de flujo explicar su funcionamiento, se explicará por partes, para verlo completo se pondrá en nota al pie de página¹.

2.1.1. Menú principal

Figura 2. Diagrama de flujo menú principal.

¹ https://udistriteduco-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/odquevedom_udistrital_edu_co/EUy4YxFo8MIHjZ4YL7ZnrFwBdF9JHJ3UWpn_NDfhW0QGtg?e=3jfk7r

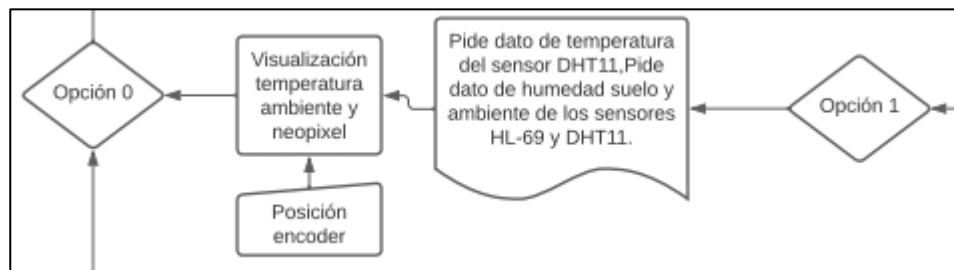


Fuente: elaboración propia.

El menú consta de 3 opciones las cuales por medio del encoder rotativo HW-40[14] se puede seleccionar entre:

- **Opción 1:** Visualización de temperatura ambiente, humedad relativa ambiente y humedad relativa del suelo.

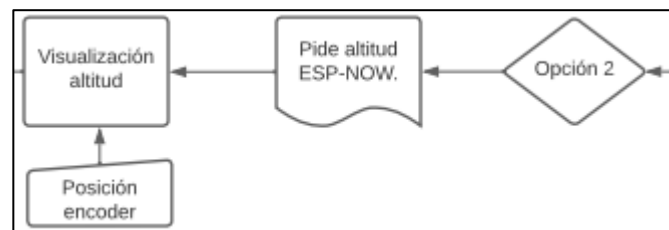
Figura 3. Diagrama de flujo menú principal dos.



● *Fuente: elaboración propia.*

- **Opción 2:** Visualización de la altitud.

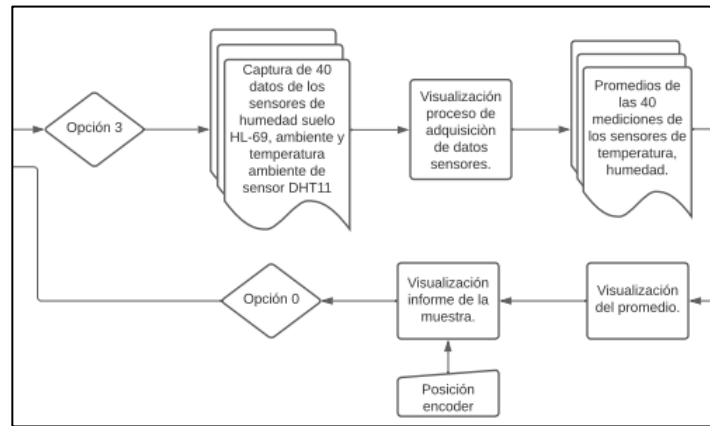
Figura 4. Diagrama de flujo menú principal dos.



Fuente: elaboración propia.

- **Opción 3:** Tomar mediciones, visualización de promedios de temperatura ambiente, humedad ambiente y humedad del suelo, “Informe”.

Figura 5. Diagrama de flujo menú principal dos.



Fuente: elaboración propia.

- En esta opción, se realizan automáticamente la captura de 40 mediciones de temperatura y humedad ambiente del sensor DHT11[15] y humedad suelo YL-69 [10]. las cuales se almacenan en la memoria flash del microcontrolador, posteriormente estos datos se van a usar para hacer el informe diagnóstico comparando la información obtenida con hoja técnica de la Gulupa.
- En el sensor YL-69, se configuró una entrada analógica del ESP32, se utilizó la siguiente expresión `Pot.atten(ADC.ATTN_11DB)`, la cual me permite convertir valores análogos a digitales, la expresión `ADC.ATTN_11DB` permite obtener valores entre 0 y 3,3V y convertirlos en valores enteros entre 0 4065. Una vez arrojados los valores entre 0 y 4065, por medio de una fórmula se determina el porcentaje de humedad que arroja el sensor.

$$Pot_valor = \left(100 - \left(\frac{Pot.read() * 100}{4095} \right) \right) (1)$$

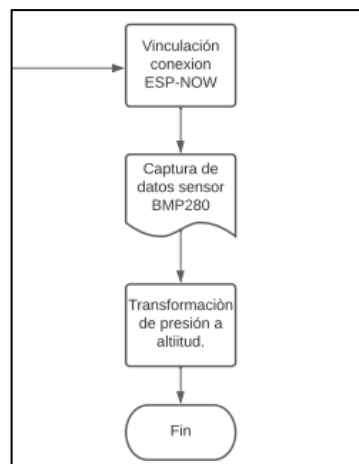
Donde.

- Pot_valor = Almacenamiento de resultado.
 - Pot.read() = Valor convertido entre 0 y 4065.
 - Muestra los promedios de las mediciones realizadas y con estos datos realiza un informe diagnóstico del cultivo.
- **Opción 0:** Retorno a menú principal.

2.1.2. Protocolo ESP-NOW.

Una característica peculiar de ESP32, es la conexión WLAN, mediante el protocolo ESP-NOW, con el cual se realiza el envío inalámbrico de la altitud, la cual es obtenida por el BMP280 que mide temperatura, humedad y presión, de conexión I2C y SPI, cuenta con diferentes modos de medición con respecto a la precisión de los datos, basado en la tecnología BOSCH piezo-resistiva, ofrece una alta precisión y linealidad en la lectura [16].

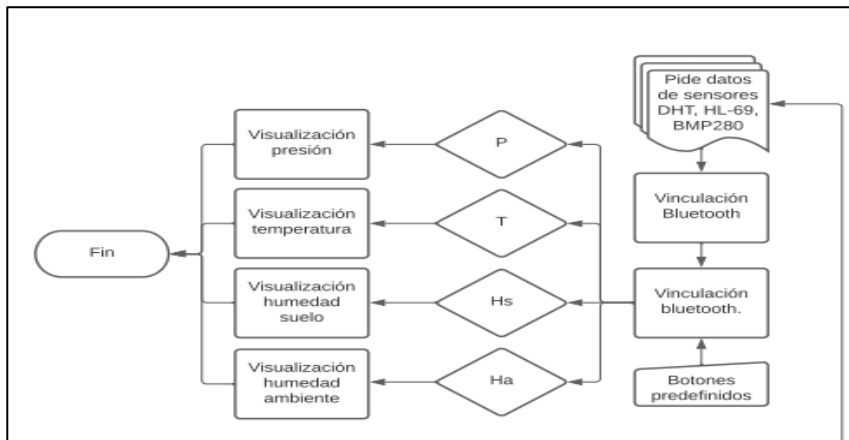
Figura 4. Protocolo ESP-NOW



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Bluetooth BLE.

Figura 11. Conexión Bluetooth BLE.



Fuente: elaboración propia.

El protocolo bluetooth BLE, permite la conexión entre dispositivos cliente-servidor, en este caso el ESP-32 actúa como un servidor y un smartphone como un cliente, por medio de la aplicación Bluetooth Serial, se pueden comunicar los dos dispositivos, en el smartphone se envían los siguientes códigos los cuales son:

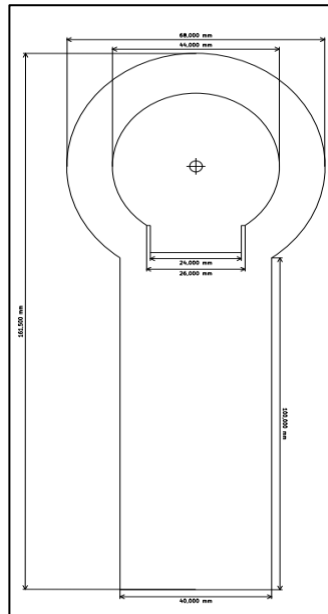
- T: Temperatura ambiente
- P: Altura msnm
- Hs: Humedad del suelo
- Ha: Humedad ambiente

2.2. Circuito impreso.

Para el diseño del circuito impreso, en la cual se va a poner el microcontrolador, los Neopixels, el sensor de humedad en tierra, el sensor de temperatura y humedad, la pantalla de visualización y batería, se determinó una distribución de los componentes de tal manera que sea minimalista, se ocupe el menor espacio posible y que sea agradable a la vista.

Primeramente, se trazó por medio de software computarizado orientado a dibujo técnico AutoCAD, un bosquejo del sistema de sensores y visualización para los componentes electrónicos que va a contener los componentes anteriormente mencionados.

Figura 12. Plano medidas PCB.

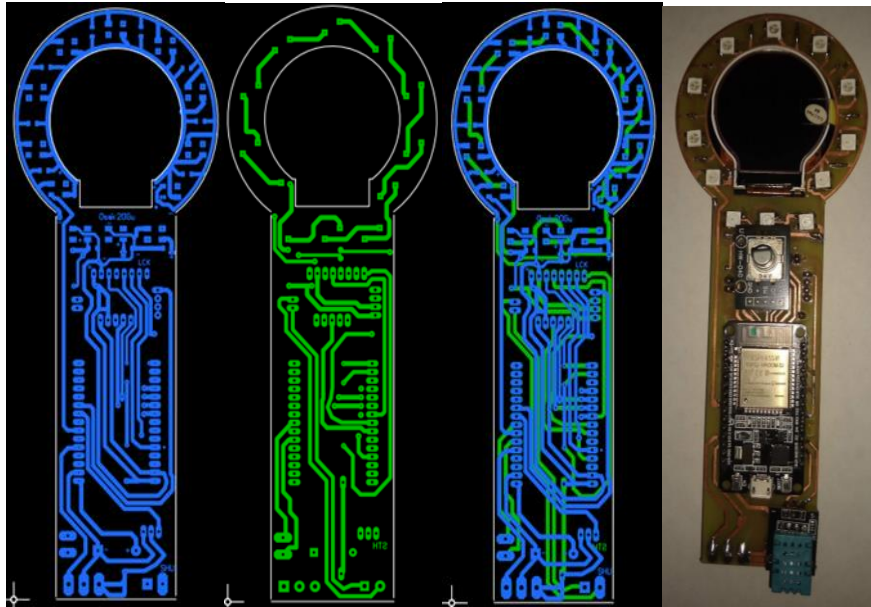


Fuente: elaboración propia.

Posteriormente por el software libre KiCAD, se comenzó a realizar el primer diseño de FR4 conceptual, esto con el fin de determinar huellas para los componentes, su organización espacial y trazado de pistas de comunicación entre los componentes electrónicos, en este se obtienen los gerbers que son los archivos necesarios para poder realizar la impresión de la PCB, se utiliza el programa Sprint Layout para correcciones finales y algún requerimiento de diseño que no se pueda realizar en KiCad

Finalmente, con las correcciones hechas, se obtienen los archivos isolation milling que son necesarios para el software RoutePro 3000 y el drill data (Excellor) que es para los huecos, cortes y pistas en la FR4, finalmente se imprimió y se incorporaron todos los componentes electrónicos.

Figura 13. Diseño final y ensamble.



Fuente: elaboración propia.

3. Resultados.

3.1. Recolección de datos.

Como se observa parte de la explicación de la lógica de programación, se implementó un sistema de recolección de los datos temperatura ambiente, humedad relativa ambiente y suelo, de tomaron 840 mediciones en total, 40 mediciones por sector (1 por segundo) y se almacenaron en el mismo microcontrolador, posteriormente se realizó un análisis con esta información [17].

3.2. Metodología de análisis.

Al tener una cantidad considerable de información, se optó por generar un informe diagnóstico, con respecto a la información de las hojas técnicas “*Manual Gulupa*” de la Cámara de Comercio de Bogotá[3], la cual brinda información de los estándares que deben tener los cultivos de Gulupa, por medio de esta información, se obtuvieron la **Tabla 6**, en la se cual relaciona las condiciones agroclimáticas de humedad relativa ambiente y temperatura, con el fin de realizar un diagnóstico que permite determinar el estado del cultivo de estudio.

Tabla 6. Rangos de temperatura ambiente y humedad relativa ambiente para diagnóstico.

H. Relativa A	Temp A	Diagnóstico
Entre 0% y menos de 25%	Menor a 15 ° C	Baja temperatura y humedad.
Entre 25% y menos de 50%		Baja temperatura y humedad media.
Entre 50% y menos de 70%		Baja temperatura y humedad aceptable.
Entre 70% y menos de 80%		Baja temperatura y humedad dentro de las Conds. Agroclim.
Entre 80% y 100%		Baja temperatura y humedad excesiva.
Entre 0% y menos de 25%	Entre 15 ° C y 20 ° C	Temperatura en Conds. Agroclim, humedad baja.
Entre 25% y menos de 50%		Temperatura en Conds. Agroclim y humedad media.
Entre 50% y menos de 70%		Temperatura en Conds. Agroclim y humedad aceptable.
Entre 70% y menos de 80%		Temperatura y humedad dentro de las Conds. Agroclim.
Entre 80% y 100%		Temperatura en Conds. Agroclim y humedad excesiva.
Entre 0% y menos de 25%	Mayor a 20 ° C	Alta temperatura y humedad.
Entre 25% y menos de 50%		Alta temperatura y humedad media.
Entre 50% y menos de 70%		Alta temperatura y humedad aceptable.
Entre 70% y menos de 80%		Alta temperatura y humedad dentro de las Conds. Agroclim.
Entre 80% y 100%		Alta temperatura y humedad excesiva.

Fuente: "Manual Gulupa CCB"

La **Tabla 7**, en la se cual relaciona las condiciones de humedad relativa suelo, con el fin de realizar un diagnóstico que permite determinar el estado del cultivo de estudio.

Tabla 7. Rangos de humedad relativa suelo para diagnóstico.

H. Relativa Suelo	Diagnostico
Entre 0% y 25%	Baja humedad
Entre 25% a 50%	Humedad media
Entre 50% a 75%	Humedad aceptable
Entre 75% a 100%	Humedad excelente

Fuente: "Manual Gulupa CCB"

Se promediaron los 40 datos en cada medición y se realizó la siguiente comparación con los datos obtenidos de el "*Manual Gulupa*".

En el cultivo se identificaron dos áreas de estudio, la primera fue una sección de **cultivo la cual tenía alrededor de siete años de siembra**, y otra tenía alrededor de **seis meses de siembra**, haciendo la recolección de datos en estos sectores.

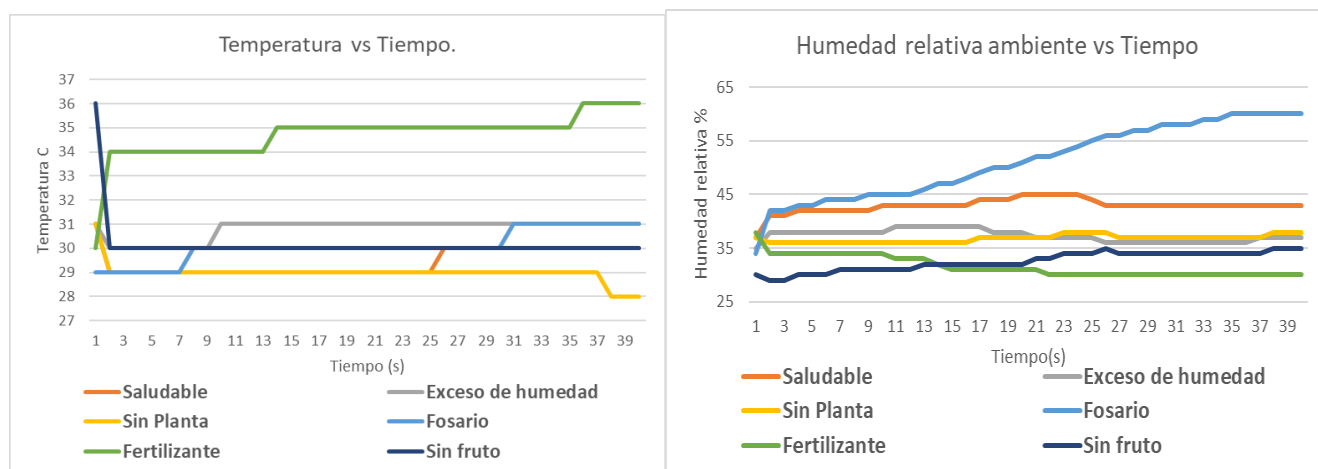
La mejor forma de presentar las mediciones obtenidas fue por medio de gráficas, las cuales se pueden interpretar de mejor manera, ya que, al manejarse 840 mediciones, por medio de estas se puede dar un mejor análisis a detalle, y por medio de la **tabla 6**, se muestra el informe diagnostico tal cual como en el prototipo electrónico.

3.3. Caracterización cultivo siete años de siembra

En un cultivo con siete años de cultivado, se seleccionaron seis plantas las cuales se les tomara mediciones de temperatura ambiente, humedad relativa ambiente y suelo, se seleccionaron los siguientes ejemplares:

- **Saludable:** La planta en cuestión presenta características las cuales no se percibía marchitamiento, exceso de humedad, de plagas, hongos, estaba en producción y su fruto no presentaba anomalías.
- **Exceso de humedad:** El espécimen presentaba coloración café clara en una parte de su regadera, característica de que presenta exceso de humedad.
- **Sin planta:** No había espécimen aquí, debido a muerte de la planta.
- **Fosario:** Presenta las características de exceso de humedad, además de contener esta plaga la cual afecta el fruto y su flor.
- **Fertilizante:** En el lugar de fertilización.
- **Sin fruto:** Planta que está en proceso de crecimiento.

Figura 16. Temperatura ambiente vs Tiempo y Humedad relativa vs Tiempo.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Diagnostico con respecto a H.Relativa A y Temperatura ambiente.

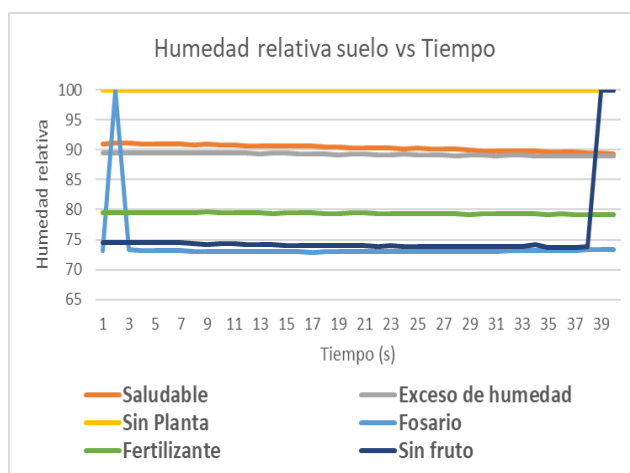
Estado de la planta	H. Relativa A (%)	Temperatura Ambiente (°C)	Diagnostico
Saludable	42,95	29,4	Alta temperatura y humedad media.

Exceso de humedad	37,33	30,8	Alta temperatura y humedad media.
Sin planta	36,80	29,0	Alta temperatura y humedad media.
Fosario	51,20	30,1	Alta temperatura y humedad aceptable.
Fertilizante	31,55	34,7	Alta temperatura y humedad media.
Sin fruto	32,55	30,2	Alta temperatura y humedad media.

Fuente: elaboración propia.

Según los diagnósticos de la Tabla 8, se presenta una alta temperatura ambiente, más de la recomendada, y una humedad media relativa en ambiente, con lo cual y según la información de “Manual Gulupa”, si bien la humedad no es excelente, su estado permite mantener el cultivo en producción, no se ofrecen unas condiciones agroclimáticas ideales.

Figura 17. Humedad relativa suelo vs tiempo.



Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Diagnostico con respecto a H.Relativa Suelo.

Estado de la planta	H. Relativa S (%)	Diagnostico
Saludable	90,3	Humedad excelente
Exceso de humedad	89,2	Humedad excelente
Sin planta	100,0	Humedad excelente
Fosario	73,8	Humedad aceptable
Fertilizante	79,4	Humedad excelente
Sin fruto	75,4	Humedad excelente

Fuente: elaboración propia.

Según los diagnósticos de la **Tabla 9**, la humedad relativa en suelo está entre aceptable y excelente, esto es debido al sistema de riego por goteo en el cultivo, el cual tiene como características el riego directamente en el tallo, con lo cual se asegura que la planta reciba el suministro de agua vital para su supervivencia.

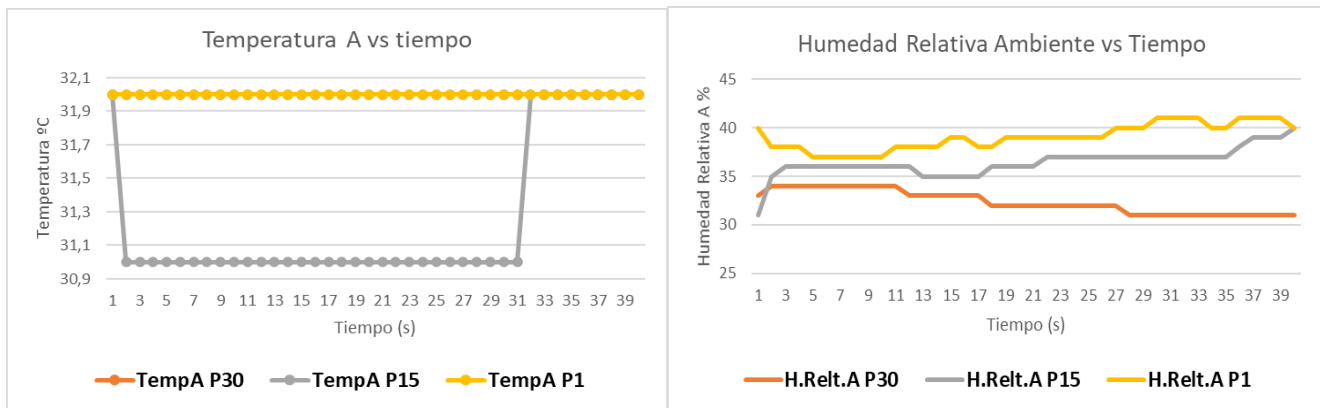
3.4. Caracterización del surco 6.

En total, se caracterizaron alrededor de 5 surcos, en cada surco hay alrededor de 30 plantas, con lo cual se determinó que se tomarían muestras en las plantas 1, 15 y 30, además se tomó la altitud de cada una de ellas.

Se realiza una muestra del surco número 6, para los demás se aplicó el mismo análisis, para ver datos de los otros surcos, consultar el pie de página².

²https://udistritaleduco-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/odquevedom_udistrital_edu_co/Ebnxbb0UsLBIiMzxMIWVIP0BFGIAsWJ72dGxe0BNjLDIag?e=J6AOiy

Figura 18. Temperatura ambiente vs Tiempo y Humedad relativa vs Tiempo.



Fuente: elaboración propia.

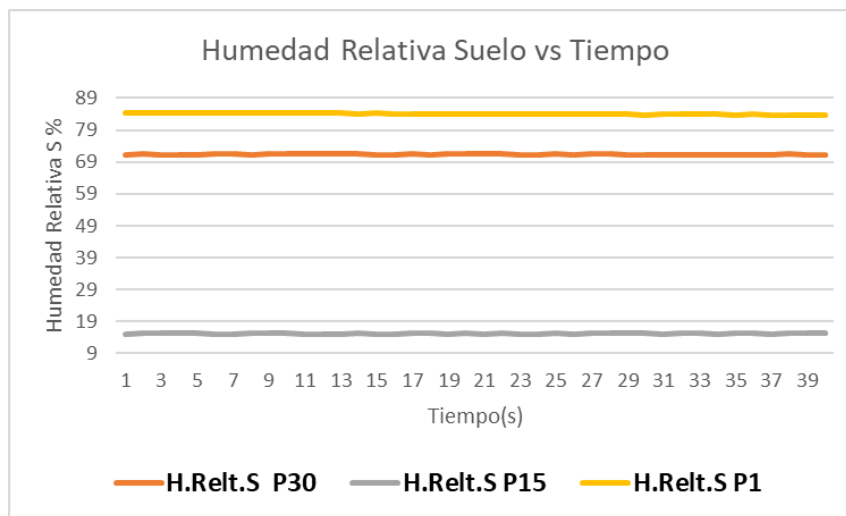
Tabla 10. Rangos de humedad relativa suelo para diagnóstico.

Estado de la planta	H. Relativa A (%)	Temperatura Ambiente (°C)	Diagnostico
Planta 1	39,05	32,00	Alta temperatura y humedad media.
Planta 15	36,45	31,25	Alta temperatura y humedad media.
Planta 30	32,35	32,00	Alta temperatura y humedad media.

Fuente: elaboración propia.

Según los diagnósticos de la **Tabla 10**, se presenta una alta temperatura ambiente, más de la recomendada, y una baja humedad relativa en ambiente, con lo cual y según la información de “Manual Gulupa”, no se ofrecen unas condiciones agroclimáticas ideales

Figura 19. Temperatura ambiente vs Tiempo y Humedad relativa vs Tiempo.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Diagnostico con respecto a H. Relativa Suelo.

Estado de la planta	H. Relativa S (%)	Altitud (m.s.n.m)	Diagnostico
Planta 1	71,37	2317	Humedad aceptable
Planta 15	15,20	2313	Baja humedad
Planta 30	71,37	2310	Humedad aceptable

Fuente: elaboración propia.

Según los diagnósticos de la **Tabla 11**, la humedad relativa en suelo esta entre baja y aceptable, esto es debido al sistema de riego por goteo en el cultivo, en el caso de la planta 15, puede interpretarse a que el sistema por goteo este averiado, esto se presenta a que el agua, al ser tomada desde nacimientos y quebradas aledañas, no tiene un filtrado de impurezas, con lo cual puede haber tapado o dañado el sistema en este lugar, además de la tierra que está presente el sitio, tanto en planta 1 y 30, se mantiene una humedad aceptable.

En la **tabla 11**, la altitud cambia con respecto a la inclinación del terreno, con lo anterior se puede entrever que, en el riego, las mayores humedades se identifican al principio y al final del surco.

Con la altitud se puede corroborar que el cultivo de Gulupa esta entre la altitud de 1800 msnm a 2400 msnm.

4. Conclusiones

- Aunque la temperatura ambiente que presenta el cultivo al momento de hacer las pruebas es alta, es importante tener en cuenta que en el día anterior el clima fue bajo para lo estimado de un cultivo de Gulupa, esto permite tener un balance en las condiciones óptimas que se requieren para el cuidado del cultivo.
- Al realizar las comparaciones de los datos de temperatura ambiente, humedad relativa ambiente y suelo, con *“Manual Gulupa”*, se evidencia que, si bien la humedad relativa en suelo es entre aceptable y excelente, la humedad relativa y temperatura ambiente no son las ideales para el cultivo.
- Se identifica que los puntos de mayor humedad relativa suelo esta en el principio y final del riego, con lo cual es importante mantener un monitoreo al sistema de riego ya que uno de los problemas que más tienen este tipo de cultivos es el exceso de humedad.
- ***CropMinder Gulupa*** es un prototipo funcional el cual puede ser usado para identificar puntos críticos en los cultivos de Gulupa con respecto a la humedad y temperatura, con lo cual se puede anticipar a futuras problemáticas características de cultivos de Gulupa las cuales producen perdida de producción y deterioro de las plantas.

Reconocimientos

A Dayana Jiménez, líder del grupo de investigación DIGITI, por asesorarnos en temas de cultivos agrícolas, darnos ideas en la metodología de adquisición de datos y el apoyo que dio a lo largo de la jornada de trabajo en las mediciones, el contacto con la finca Santo Domingo. Un agradecimiento al propietario de la finca Santo Domingo, Wilson Amézquita por facilitar el cultivo de Gulupa para realizar las mediciones necesarias para desarrollar la monografía, además de detallar e identificar las problemáticas que a futuro se pueden analizar, al profesor Cesar Coronel, el cual nos brindo su conocimiento, consejos, enseñanza durante la materia de prototipos electrónicos, dio un norte al proyecto, sin su ayuda este proyecto no hubiera sido lo que fue.

Referencias

- [1] CENAM, “Presión.” <https://www.cenam.mx/FYP/Presion/Pre1.aspx> (accessed Apr. 13, 2023).
- [2] C. Municipios, “Ramiriquí en la region de Boyacá - Municipio y alcaldía de Colombia.” <https://www.municipio.com.co/municipio-ramiriqui.html> (accessed Apr. 05, 2023).
- [3] E. P. Ávila Cubillos, “Manual Gulupa,” *Cámara de Comercio de Bogotá*, pp. 1–54, 2015, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjqs6ao dX7AhVoZTABHb6hD_8QFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ccb.org.co%2Fcontent%2Fdownload%2F13730%2Ffile%2FGulupa.pdf&usg=AOvVaw3ZtohK7U0_NaYa5FIILEMd
- [4] Concepto, “Humedad - Concepto, tipos, medición, clima y nubes.” <https://concepto.de/humedad/> (accessed Sep. 08, 2022).
- [5] Siber, “¿Qué es un sensor de temperatura y para qué se utiliza?” <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/que-es-un-sensor-de-temperatura-y-para-que-se-utiliza/> (accessed Sep. 08, 2022).
- [6] A. F. Herrera Gómez and J. C. Reinoso Gutierrez, “Diseño e Implementación de una Aplicación SIG para la Supervisión y Monitoreo de Sensores en el Campo de la Agricultura de Precisión.,” Universidad de los llanos, Villavicencio, 2016. doi: 10.1/JQUERY.MIN.JS.
- [7] L. Betancourth Catro, “Sensores de Humedad del Suelo Tipo Sonda con Sistema de Monitoreo para Aplicaciones en Agricultura de Precisión.,” Universidad de los llanos, Villavicencio, 2016. doi: 10.1/JQUERY.MIN.JS.
- [8] C. C. Chaves Cotrino and L. G. Martin Martin, “Tensiómetro electrónico,” Pontificia Universidad Javeriana, 2012. Accessed: Sep. 05, 2022. [Online]. Available: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/55297>
- [9] J. A. Quintero Pulgar, “Sistema para el manejo de datos climáticos de pequeñas producciones agrícolas bajo invernadero: un acercamiento a la agricultura inteligente,” UNAL, Bogotá. Accessed: Sep. 07, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81046>
- [10] D. George, “MicroPython - Python for microcontrollers.” <https://micropython.org/> (accessed Apr. 12, 2023).
- [11] S. Espressif, “ESP32 Wi-Fi & Bluetooth MCU I Espressif Systems.” <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> (accessed Apr. 12, 2023).
- [12] R. Velasco, “Review detallada de la placa Raspberry Pi 3 Modelo B+,” Aug. 24, 2021. <https://hardzone.es/reviews/perifericos/analisis-raspberry-pi-3-modelo-b/> (accessed Apr. 12, 2023).

- [13] J. Guerra, “Arduino Mega 2560 el hermano mayor de Arduino UNO.” <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-mega-2560/> (accessed Apr. 12, 2023).
- [14] octavo, “Encoder rotativo KY-040 | Rotary encoder,” Aug. 09, 2020. <https://eloctavobit.com/arduino/codificador-rotatorio-ky-040-rotary-encoder/> (accessed Apr. 12, 2023).
- [15] García González Antony, “DHT11: Sensor de humedad/temperatura para Arduino,” Feb. 14, 2013. <https://panamahitek.com/dht11-sensor-de-humedadtemperatura-para-arduino/> (accessed Nov. 29, 2022).
- [16] “Sensor de presión y temperatura BMP280 | Tienda y Tutoriales Arduino.” <https://www.prometec.net/sensor-de-presion-y-temperatura-bmp280/> (accessed Nov. 29, 2022).
- [17] Oracle, “¿Qué es una base de datos?,” *Oracle*. p. 1, 2019. Accessed: Sep. 08, 2022. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/co/database/what-is-database/>