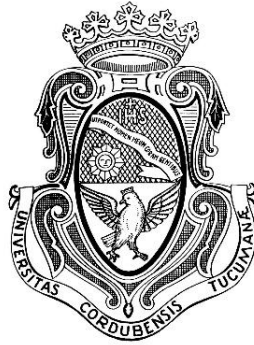


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
TEORÍA DE LAS COMUNICACIONES



TRABAJO PRÁCTICO N° 4
**“IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS DE RADIO FRECUENCIA CON
SOPORTE DE SISTEMAS EMBEBIDOS - WIFI INDUSTRIAL”**

Grupo N° 7

Alumnos:

Graham, Enrique Lenox

Mamani, Franco Ivan

Saillen, Simón

Zuñiga, Ivan

Profesor:

Alejandro, Danizio

2023

DESARROLLO

Parte 1: “Sensores”

Para lograr el análisis y control de una Granja Sustentable, de acuerdo con lo estipulado, necesitamos el uso de 2 sensores: uno para la medición de la humedad del suelo y otro para la medición de la temperatura ambiente.

Luego de investigación y discusión, optamos por utilizar el sensor FC-28 para medir la humedad del suelo y el sensor DHT11 para medir la temperatura ambiente. Para controlar ambos sensores utilizaremos un Módulo Arduino UNO R4.

Sensor de Humedad (FC-28):

Este sensor consiste de dos electrodos resistivos utilizados para medir la humedad, los cuales deben ser enterrados en donde se planea medir. A la salida del mismo se consiguen 2 señales (una digital y una analógica), optamos por utilizar la señal analógica del mismo.

Debido a que los valores analógicos varían desde los enteros 1024 (Seco) a aproximadamente 300 (Sumergido), tuvimos que mapear los valores y asignarles un valor porcentual.

Quedando la parte del código dedicada a su lectura de la siguiente manera:

```
// Retorna la Humedad
float getHumedad() {
    return map(analogRead(PIN_HUM), 1024, 300, 0, 100);
}
```

Sensor de Temperatura (DHT11):

Este sensor posee 2 funciones, mide tanto la temperatura ambiente como la humedad ambiente. Debido a que la única humedad que nos interesa es la del suelo, ignoraremos el valor medido de esta, quedando así el valor deseado de temperatura.

El DHT11 tiene una salida digital, en la cual los datos son compartidos al Módulo Arduino de la siguiente manera:

<u>0011 0101</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0001 1000</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0100 1001</u>
8 bits humedad	8 bits humedad	8 bits temperatura	8 bits temperatura	bits de paridad

Utilizando la librería `<DHT.h>`, una librería de código abierto creada para controlar los sensores DHT22 y DHT11 entre otros, en el módulo podemos conseguir el valor de temperatura utilizando una función, quedando el código necesario de la siguiente manera (exceptuando configuraciones necesarias previas):

```
float getTemperatura() {  
    return dht.readTemperature();  
}
```

Parte 2: “Módulo de Radio Frecuencia”

El módulo que nos fue entregado fue el NRF24L01+PA+LNA, un módulo WiFi Industrial, por lo que nuestra función será la transmisión al Gateway WiFi (encargado a otro grupo).

Manteniendo contacto con el equipo encargado del Gateway establecimos la manera de guardar y mandar los datos, la *adress* que nos corresponde, el *identificador del módulo*, la *velocidad de transmisión* y el *canal de transmisión*. Todos los valores necesarios para lograr una transmisión exitosa.

Lo que nos quedaba era programar todo y realizar las conexiones necesarias. La librería utilizada es la `<RF24.h>`, la misma es de código abierto que fue diseñada para este módulo en específico.

Quedando el código de la siguiente manera (adjuntado por partes):

```
// Definicion de datos  
struct Data {  
    int Modulo_id;  
    float Temperatura;  
    float Humedad;  
};
```

```
// Declaracion de variables  
uint64_t Adress = 0xB3B4B5B6CDLL;  
Data mediciones;
```

```
radio.begin();  
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);  
radio.openWritingPipe(Adress);  
radio.setDataRate(RF24_250KBPS);  
radio.setChannel(100);
```

```
int i = 0;  
bool OK = false;  
do {  
    OK = radio.write(&mediciones, sizeof(mediciones));  
    i++;  
} while(!OK && i < 5);
```

Como se puede apreciar en la última imagen, hemos elegido que a la hora de transmitir los datos al Gateway, en caso de haber sido una transmisión no exitosa que se reintente hasta un total de 5 veces. Transmitiendo cada 1 hora.

Esta fue una solución que encontramos luego de haber practicado la transmisión en conjunto con el resto de los grupos, al tener tantos dispositivos enviando en tiempos similares podía ocurrir un cuello de botella en el Gateway, para evitar perder los datos ideamos este código, interpretando que 5 intentos eran suficientes para una transmisión exitosa (el código debe tener un límite sino no avanzaría en caso de hacer pruebas sin el Gateway presente).

Parte 3: “Módulo LCD”

Como toques finales al proyecto, decidimos agregar una pantalla LCD para la lectura de los datos de manera más sencilla y sin necesidad de tener conectado el puerto serial.

Utilizando la librería `<LiquidCrystal_I2C.h>` y sus funciones, el código desarrollado es el siguiente (adjuntado en partes):

```
lcd.init();  
lcd.backlight();  
lcd.clear();
```

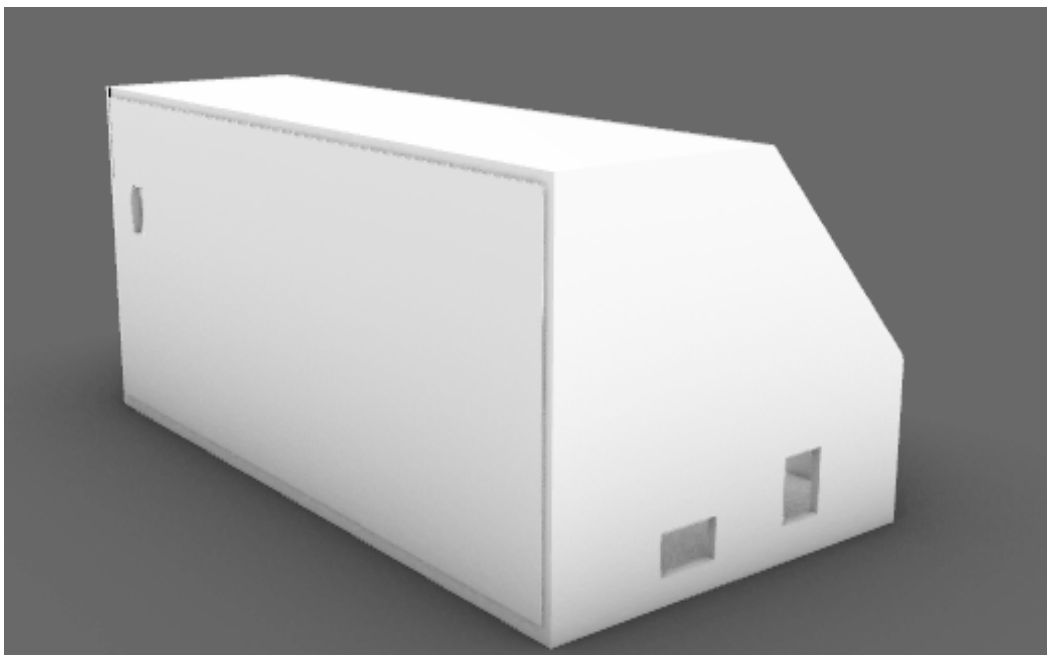
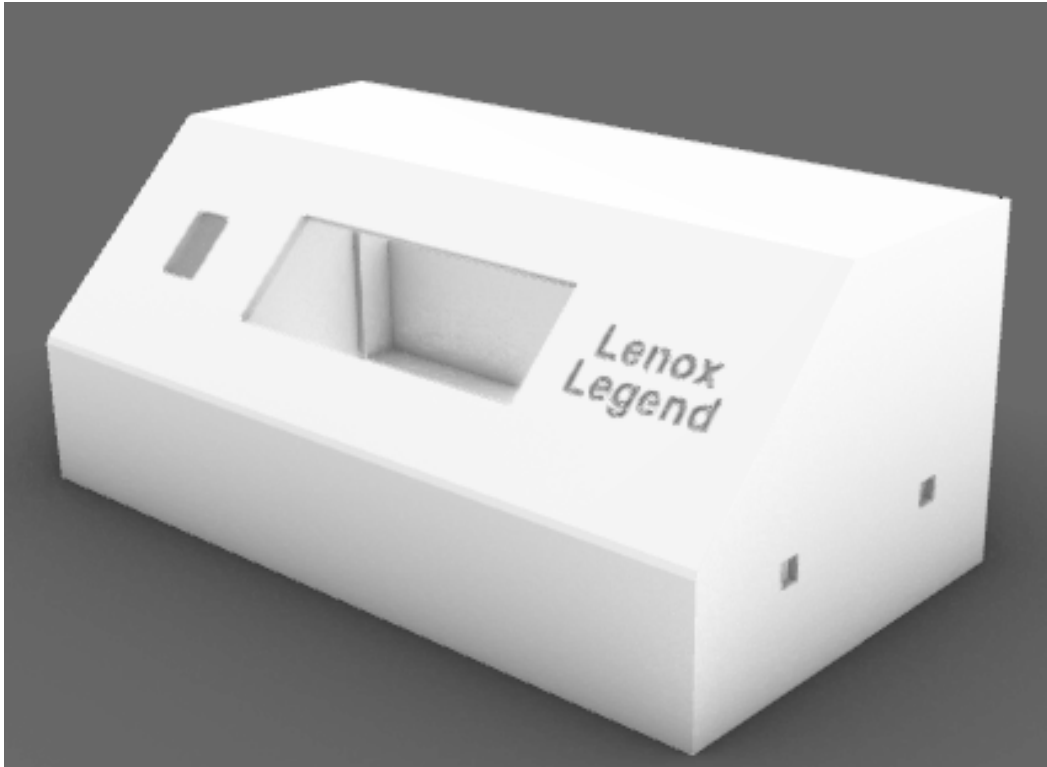
```
// Mostrar datos por LCD  
void imprimirLCD(Data mediciones){  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Temp: ");  
    lcd.print(mediciones.Temperatura);  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Humedad: ");  
    lcd.print(mediciones.Humedad);  
    lcd.print("%");  
}
```

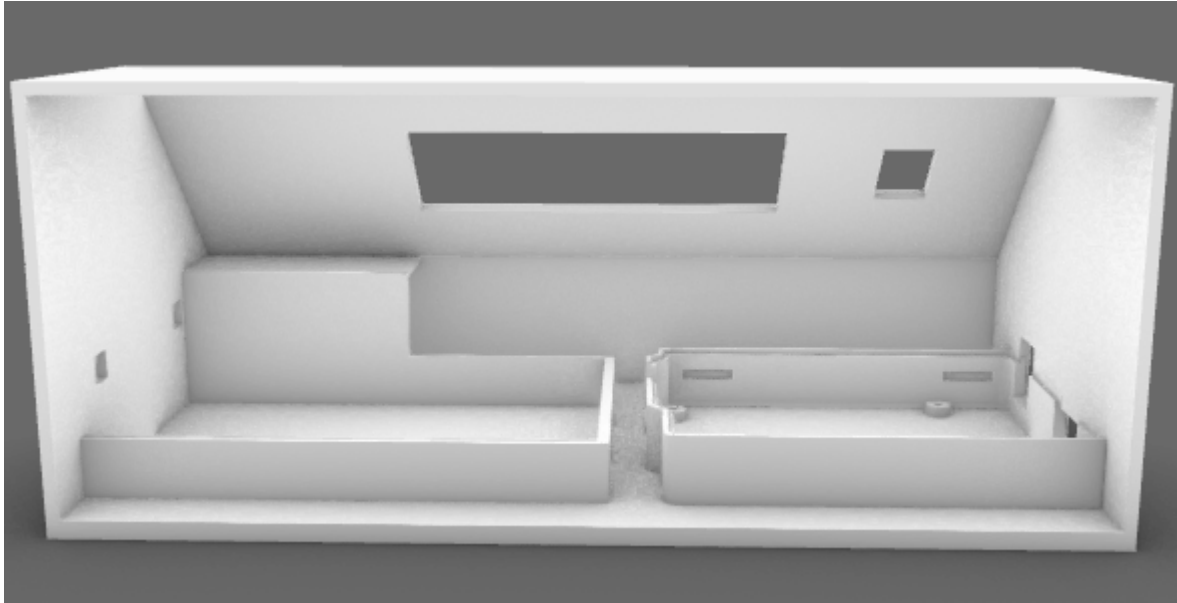
La función `imprimirLCD()` es llamada con la misma tasa de muestreo que la elegida para tomar las mediciones de los sensores, pero los datos permanecen en el LCD hasta ser refrescados, permitiendo siempre ver el último valor muestreado.

Parte 4: “Carcasa”

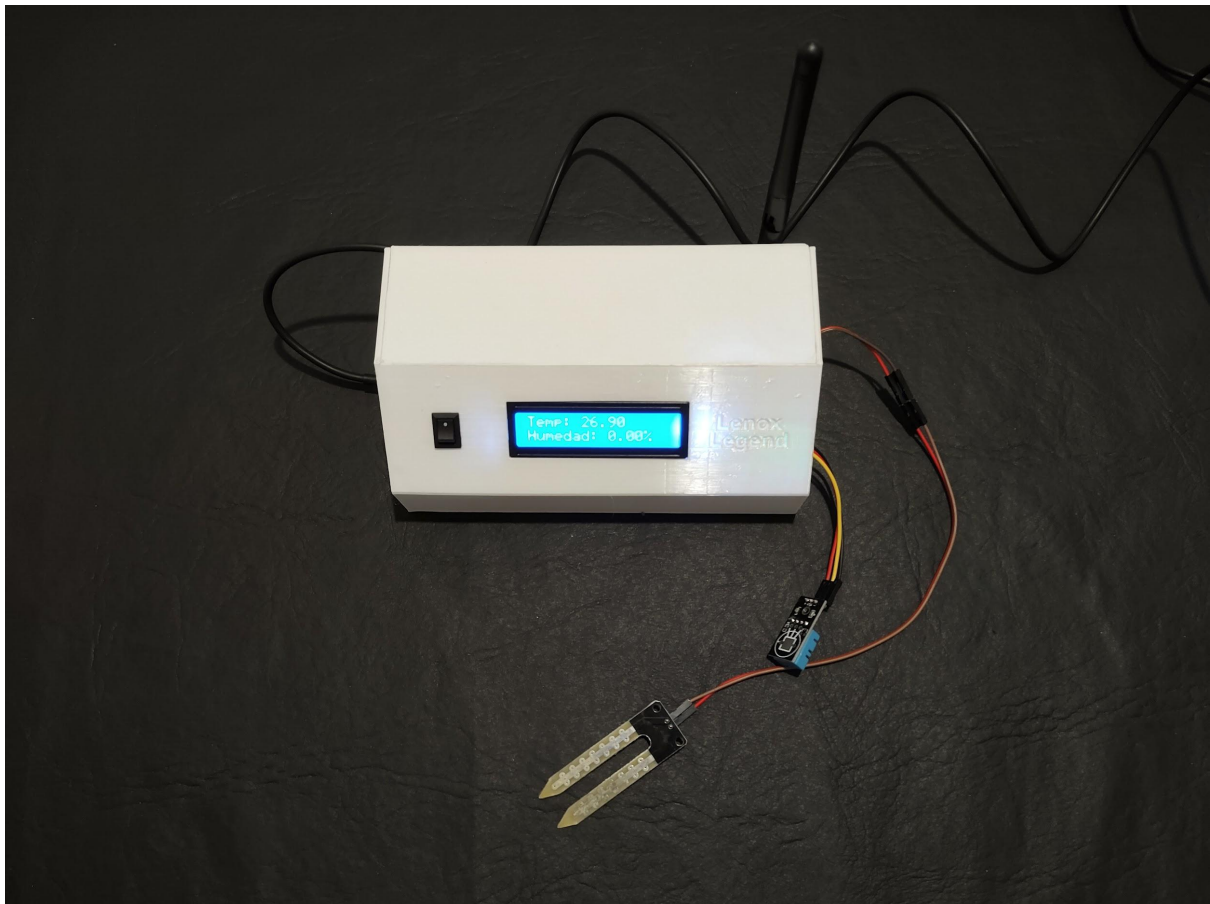
Para proteger y mantener todos los componentes en un solo lugar, diseñamos un modelo digital e imprimimos mediante una Impresora 3D una carcasa a medida.

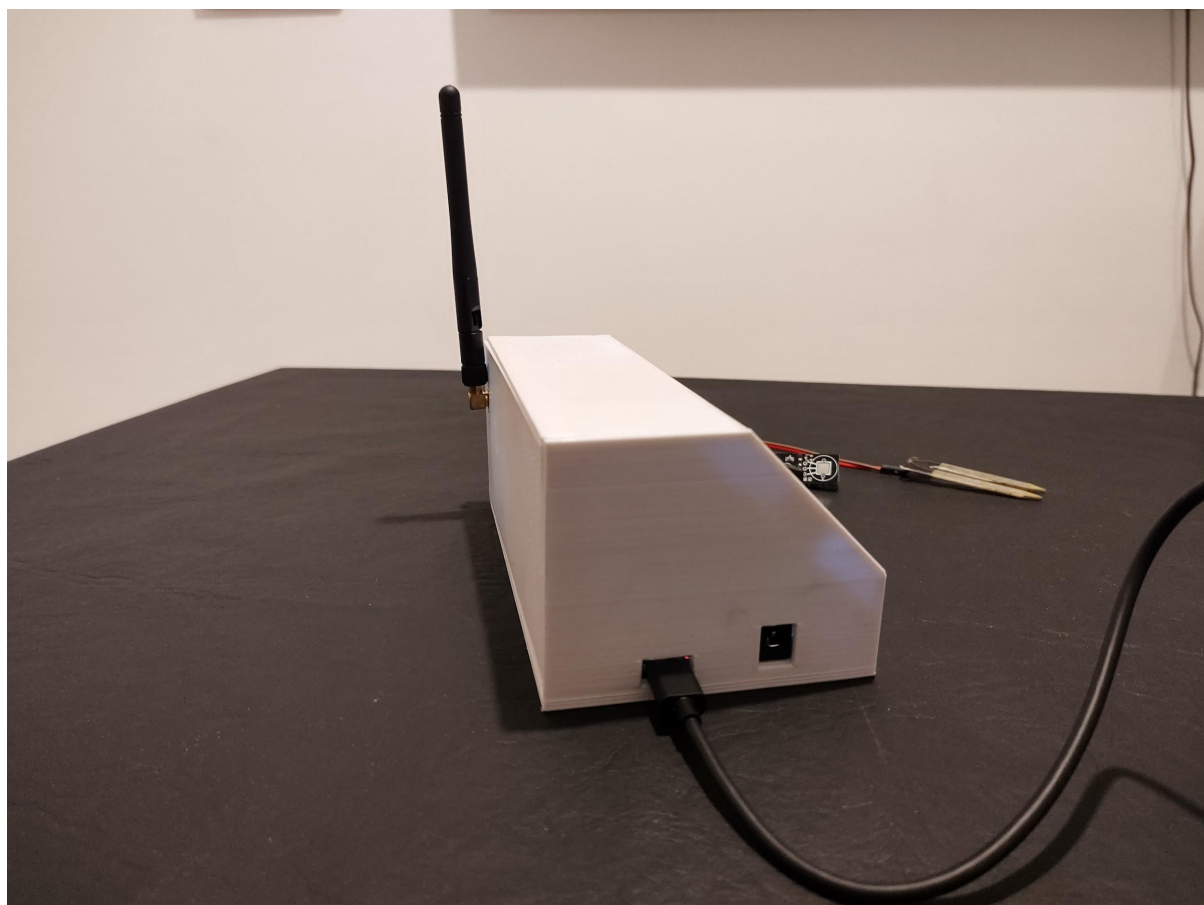
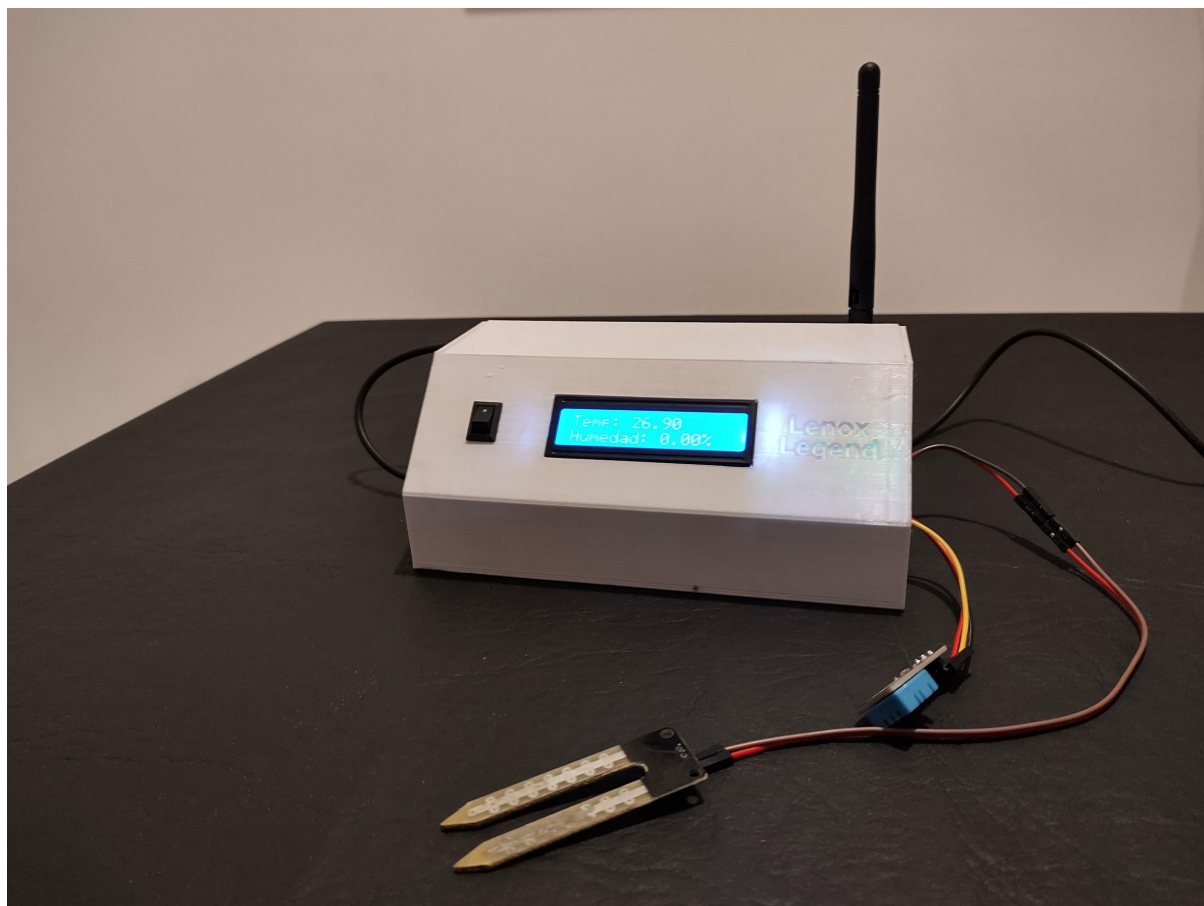
Luego de varios intentos de diseños se llegó al siguiente:

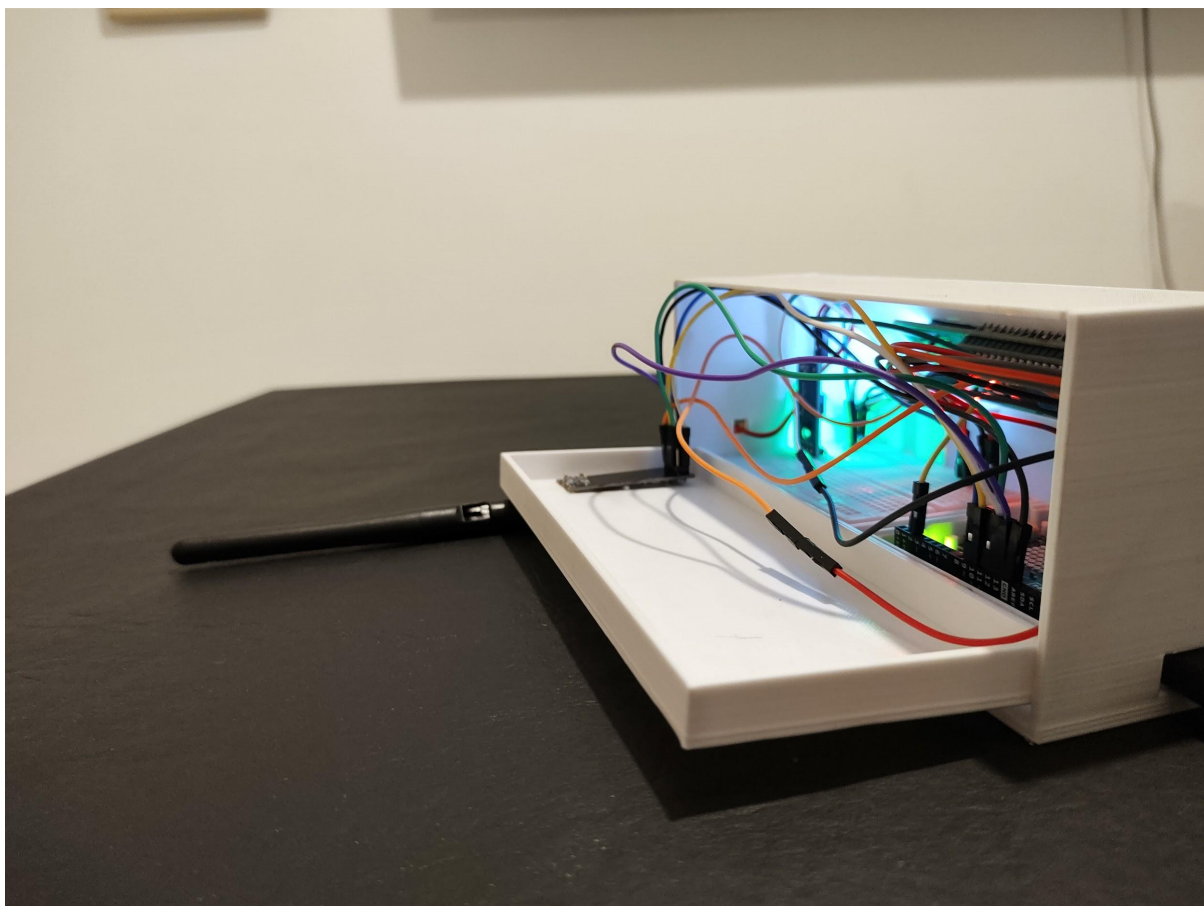




Quedando luego de ser impreso y armado de la siguiente manera:







Parte 5: “Mediciones y Resultados”

Realizamos un testeo de 3 días seguidos de mediciones utilizando una planta en una maceta de interior como sujeto de prueba, para así poder observar su evolución y el comportamiento del dispositivo. Luego de realizar la prueba obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla de Temperatura Ambiente [°C]:

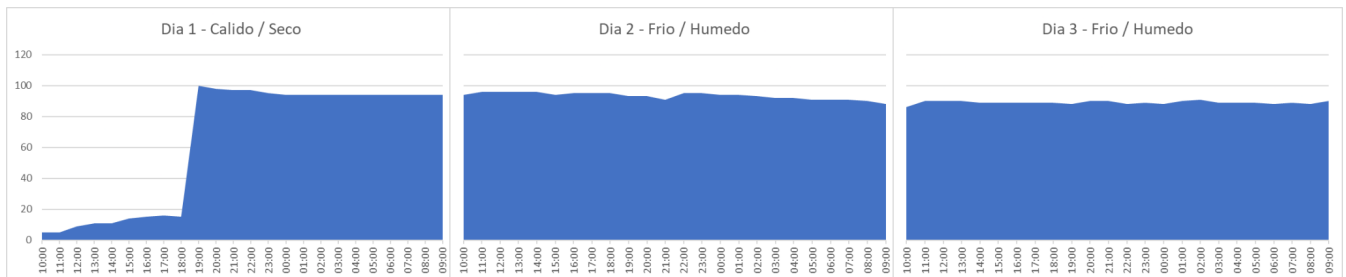
	Día 1	Día 2	Día 3
Clima	Cálido / Seco	Frío / Húmedo	Frío / Húmedo
10:00	25,2	21,5	19,6
11:00	25,2	21,5	19,7
12:00	25,2	21,5	19,6
13:00	24,2	22	19,3
14:00	23,8	22,6	20,5
15:00	23,5	22,4	20,3
16:00	24,1	22,2	20,2
17:00	24,4	22,1	20,2
18:00	24,2	22,1	20,2
19:00	23,9	22	19,9
20:00	23,1	21,8	19,7
21:00	23	21,8	19,6
22:00	22,8	21,7	19,5
23:00	23	21,4	19,5
00:00	22,8	21,5	19,4
01:00	22,7	21	19,4
02:00	22,6	21	19,4
03:00	22,4	21,1	19,4
04:00	22,3	20,6	19,3
05:00	22,3	20	19,1
06:00	22	19,6	19,1
07:00	21,9	19,2	19
08:00	21,7	19	19,2
09:00	21,6	19,2	19,9

Tabla de Humedad (del suelo) [%]:

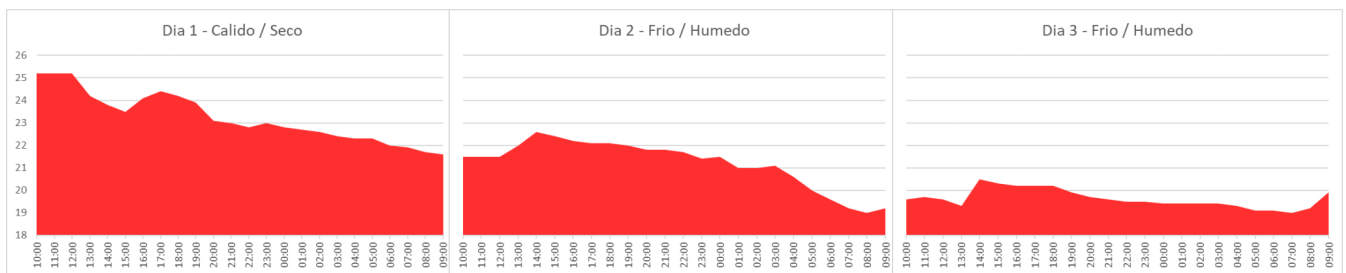
	Día 1	Día 2	Día 3
Clima	Cálido / Seco	Frío / Húmedo	Frío / Húmedo
10:00	5	94	86
11:00	5	96	90
12:00	9	96	90
13:00	11	96	90
14:00	11	96	89
15:00	14	94	89
16:00	15	95	89
17:00	16	95	89
18:00	15	95	89
19:00	100	93	88
20:00	98	93	90
21:00	97	91	90
22:00	97	95	88
23:00	95	95	89
00:00	94	94	88
01:00	94	94	90
02:00	94	93	91
03:00	94	92	89
04:00	94	92	89
05:00	94	91	89
06:00	94	91	88
07:00	94	91	89
08:00	94	90	88
09:00	94	88	90

A las 18 hs del primer día fue regada por primera y última vez la planta, con el fin de observar la evolución de los parámetros.

Debido a la dificultad de apreciar los valores en una tabla, realizamos los siguientes gráficos:



A simple vista se puede apreciar como el porcentaje de humedad aumentó luego de regar la planta, aunque también se observa que el nivel no fue bajando lo suficiente en los siguientes días, esto se puede deber a dos razones: la planta no tiene buen desagote de agua o el clima frío/húmedo afectó el proceso de absorción de la misma.



Por el otro lado, el gráfico de la temperatura explyta claramente cómo fue variando la misma a lo largo de los 3 días.

Como se puede observar, tanto los sensores como el dispositivo funcionan debido a que los datos son acorde a la información de los días de prueba.

Parte 6: “Casos de Uso”

- Medición de Temperatura Ambiente:

Permite al usuario realizar, de manera automática, mediciones cada 1 hora de la temperatura ambiente.

- I. Depositar el dispositivo en una superficie preferiblemente plana.
- II. Conectar el dispositivo a un cable USB-C en la entrada 1 al costado, en caso de no disponer de uno, conectar una batería 9V por la entrada 2.
- III. Colocar el sensor (*de forma cúbica*) de manera paralela al suelo apuntando preferiblemente hacia arriba (*evitar el contacto directo con el sol*).
- IV. Dejar el dispositivo conectado durante el tiempo necesario para las medidas, en caso de desconectar y reconectar el dispositivo, este tomará medidas cada 1 hora desde el tiempo de reconexión.
- V. Mantener el receptor (Gateway) en una distancia no mayor a 50 mts. En caso de superar dicha distancia no puede asegurarse el envío de los datos.
- VI. El parámetro medido puede observarse en el display LCD (*mirar caso de uso N°3*).

- Medición de la Humedad del suelo:

Permite al usuario realizar, de manera automática, la medición del índice de humedad del suelo cada 1 hora.

- I. Depositar el dispositivo en una superficie preferiblemente plana.
- II. Conectar el dispositivo a un cable USB-C en la entrada 1 al costado, en caso de no disponer de uno, conectar una batería 9V por la entrada 2.
- III. Insertar en la tierra que se desea medir el sensor de humedad (*tiene forma de U invertida*) sin enterrar por completo el dispositivo, manteniendo una distancia aproximada de 4mm entre los cables conectores y la tierra (*para evitar un cortocircuito*).
- IV. Dejar el dispositivo conectado durante el tiempo necesario para las medidas, en caso de desconectar y reconectar el dispositivo, este tomará medidas cada 1 hora desde el tiempo de reconexión.
- V. Mantener el receptor (Gateway) en una distancia no mayor a 50 mts. En caso de superar dicha distancia no puede asegurarse el envío de los datos.
- VI. El parámetro medido puede observarse en el display LCD (*mirar caso de uso N°3*).

- Visualización de datos en Display LCD.

Permite al usuario observar el resultado de las mediciones.

- I. Depositar el dispositivo en una superficie preferiblemente plana.
- II. Conectar el dispositivo a un cable USB-C en la entrada 1 al costado, en caso de no disponer de uno, conectar una batería 9V por la entrada 2.
- III. Depositar los sensores (*ver casos de uso N°1 y N°2*).
- IV. Activar el switch que se encuentra al lado del display.
- V. En caso de querer apagar el display, vuelva a oprimir el switch.

- Envío de datos mediante WiFi Industrial.

Permite al usuario enviar los datos al receptor (Gateway) para luego su observación, control y análisis.

- I. Depositar el dispositivo en una superficie preferiblemente plana.
- II. Conectar el dispositivo a un cable USB-C en la entrada 1 al costado, en caso de no disponer de uno, conectar una batería 9V por la entrada 2.
- III. Depositar los sensores (*ver casos de uso N°1 y N°2*).
- IV. Colocar el dispositivo receptor (*Gateway*) en una distancia no mayor a 50 mts. En caso de superar dicha distancia no puede asegurarse el envío de los datos.
- V. Conectar el dispositivo receptor (*Gateway*) a un ordenador con conexión serial y conexión a internet para la subida de datos.
- VI. Mantener el dispositivo transmisor conectado durante el tiempo necesario para las medidas, en caso de desconectar y reconectar el dispositivo, este tomará medidas cada 1 hora desde el tiempo de reconexión.

- Visualización de datos en Página Web / App.

Permite al usuario ver, controlar y analizar los datos de los medidores conectados al gateway.

- I. Ingresar a la Página Web / App (el enlace de la pagina: teocomp2023.netlify.app / la aplicacion debe ser descargada mediante archivo .Apk).
- II. La página/app iniciará en el menú de inicio, en el margen superior encontrará 2 símbolos, el de la izquierda es el que corresponde con este módulo.
- III. Luego puede buscar por id los datos que desee observar el usuario (el id correspondiente a este módulo es 2).

Parte 7: “Costos”

Materiales:

Para calcular el costo de los materiales utilizados en la fabricación del producto, se han tenido en cuenta los siguientes elementos.

Lista de Materiales:

- Arduino: \$30000
- Pantalla LCD: \$5000
- Carcasa: \$2000
- Sensor de Humedad: \$2000
- Sensor de Temperatura: \$4800
- Switch de Apagado: \$200
- Placa Wifi Industrial: \$6000 (brindado por el cliente)

Cantidad de Materiales: Se debe especificar la cantidad de cada material necesario para fabricar una unidad del producto.

Costo Total de Materiales: El costo total de los materiales se calcula multiplicando la cantidad de cada material por su costo unitario y sumando todos los costos individuales.

Horas de Ingeniería:

El costo de las horas de ingeniería implementadas en el desarrollo del producto es un componente esencial. Para calcular este costo, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Tasa Horaria de Ingeniería: \$16.000 por hora
- Horas de Trabajo: 45 Horas
- Ingenieros: 4
- Costo Total de Ingeniería: \$2.880.000

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología de la enseñanza basada en competencias resultó ser un desafío enriquecedor para nuestro grupo. Inicialmente, nos encontramos con el módulo WiFi sin poseer conocimientos previos sobre sus detalles técnicos. Sin embargo, se nos proporcionaron un objetivo claro y requerimientos definidos, los cuales sirvieron como cimientos sólidos para nuestra labor. Tras un extenso periodo de investigación y colaboración, logramos desarrollar un prototipo funcional.

La comunicación efectiva con otros grupos se convirtió en un pilar fundamental en nuestro proceso. Esta interacción nos permitió identificar y corregir fallos, consensuar protocolos y requerimientos, y, además, nos impulsó a explorar tecnologías adicionales, como la impresión 3D, para complementar nuestra labor.

Una vez que finalizamos el prototipo funcional, pudimos emplearlo para medir parámetros de una planta, descubriendo que su efectividad superó nuestras expectativas iniciales. Este enfoque basado en competencias no solo nos desafió, sino que también nos brindó la oportunidad de ampliar nuestros horizontes y lograr resultados notables en nuestro proyecto.