

## CENIMED

# Medidor de temperatura, humedad relativa y distancia para estimar la evaporación

Diciembre 2025



# CENIMED

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO .....</b>	<b>4</b>
<b>4. FUNCIONES PRINCIPALES .....</b>	<b>5</b>
4.1 Medición de temperatura y humedad relativa .....	5
4.2 Cálculo de evaporación mediante nivel de agua en el tanque cenirrómetro .....	5
4.3 Almacenamiento de datos local u online.....	5
4.4 Conectividad Bluetooth y Wi-Fi para visualización y gestión remota.....	5
<b>5. BENEFICIOS Y VENTAJAS.....</b>	<b>6</b>
5.1 Datos en tiempo real sin depender de estaciones meteorológicas costosas.....	6
5.2 Portabilidad y facilidad de uso en campo .....	6
5.3 Gestión digital: almacenamiento local y remoto .....	7
5.4 Reducción de costos frente a soluciones tradicionales .....	7
<b>6. INSTRUCCIONES DE USO.....</b>	<b>8</b>
<b>7. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....</b>	<b>11</b>
7.1 Rango de Medición.....	11
7.2 Alimentación .....	11
7.3 Medida.....	11

<b>8. CASOS DE USO .....</b>	<b>12</b>
<b>9. MANTENIMIENTO Y CUIDADO.....</b>	<b>13</b>
9.1 Limpieza .....	13
9.2 Almacenamiento .....	13
<b>10. PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES .....</b>	<b>13</b>
10.1 Error en la medida de humedad y temperatura.....	13
10.2 Medida de distancia siempre cero (0) o datos errados .....	13
10.3 Error al guardar en SD .....	14
10.4 Error al conectar a red Wifi .....	14
10.5 Dispositivo no enciende .....	14
10.6 Dispositivo no se conecta por Bluetooth .....	15
<b>11. CONCLUSIONES .....</b>	<b>16</b>

## 1.RESUMEN

El presente informe detalla la funcionalidad del Medidor de variables de interés del cultivo CENIMED, una innovación tecnológica, diseñada para medir temperatura, humedad relativa y distancia con la finalidad de estimar la evaporación en cultivos de palma de aceite. Utiliza un sensor ultrasónico HY-SRF05 para determinar el nivel de agua en un tanque, lo que permite calcular la evaporación, y un sensor DHT11 para registrar temperatura y humedad. Además, ofrece conectividad Wi-Fi y Bluetooth, almacenamiento en tarjeta SD y sincronización en la nube, permitiendo la toma y gestión de datos en tiempo real directamente en campo.

## 2.INTRODUCCIÓN

La medición precisa de variables ambientales como temperatura, humedad relativa y evaporación constituye un pilar fundamental para la gestión eficiente del riego y la optimización de la salud de los cultivos de palma de aceite. Estos parámetros influyen directamente en procesos fisiológicos esenciales, tales como la transpiración, la absorción de nutrientes y el balance hídrico del suelo, impactando en la productividad y sostenibilidad del sistema agrícola(cita).

Tradicionalmente, la obtención de estos datos depende de estaciones meteorológicas convencionales, las cuales presentan limitaciones significativas: alto costo de adquisición, complejidad en la instalación, mantenimiento especializado y baja portabilidad. Estas restricciones dificultan su implementación en plantaciones extensas o en zonas con infraestructura limitada, generando brechas en la toma de decisiones basada en información confiable y en tiempo real.

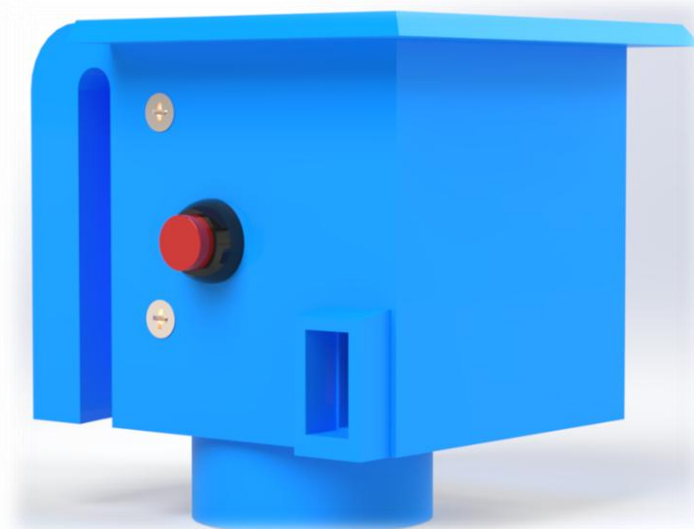
Ante este escenario, se propone el desarrollo de un dispositivo innovador, económico y portátil, capaz de medir temperatura, humedad y evaporación de manera precisa y continua. Este sistema incorpora conectividad para la transmisión de datos, lo que permite integrar la información en plataformas digitales y facilitar análisis predictivos orientados a la programación del riego y la mitigación de riesgos asociados a estrés hídrico. Con ello, se busca democratizar el acceso a tecnologías de monitoreo ambiental, reducir la dependencia de infraestructura compleja y promover prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes en el sector palmicultor.

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

El dispositivo ha sido diseñado para instalarse directamente sobre un tanque cenirrómetro, optimizando la medición de variables críticas para el análisis de evaporación y condiciones ambientales en cultivos de palma de aceite. Su configuración inicial se realiza mediante una aplicación móvil con conectividad Bluetooth, lo que facilita la calibración y puesta en marcha sin necesidad de equipos adicionales.

El sistema integra un sensor ultrasónico HY-SRF05, encargado de medir el nivel de agua en el cenirrómetro, permitiendo calcular la evaporación diaria usando el dato de distancia final e inicial de cada jornada. Complementariamente, incorpora un sensor DHT11 para registrar temperatura y humedad relativa del ambiente, variables esenciales para correlacionar las tasas de evaporación con las condiciones climáticas.

Figura 1: CENIMED, Diseño renderizado



Para la transmisión y gestión de datos, el equipo cuenta con un módulo de conectividad Wi-Fi y Bluetooth, ofreciendo dos modalidades de operación:

1. Almacenamiento local mediante tarjeta SD, ideal para entornos sin acceso a internet.
2. Sincronización en la nube, que permite la consulta remota y la integración con plataformas de análisis de datos.

La alimentación se realiza a través de un puerto USB de 5V, compatible con baterías externas o fuentes convencionales, garantizando autonomía y facilidad de recarga. Su diseño compacto (10×10×10 cm) y ligero favorece la instalación en campo y el transporte entre diferentes puntos de monitoreo.

## **4.FUNCIONES PRINCIPALES**

### **4.1 Medición de temperatura y humedad relativa**

La medición de temperatura y humedad es esencial para garantizar el desarrollo óptimo de la palma de aceite, ya que estas variables influyen directamente en la transpiración y el consumo hídrico del cultivo. El dispositivo utiliza el sensor DHT11, que combina un termistor y un sensor capacitivo para capturar datos precisos en tiempo real. Esta información se procesa y se envía al sistema de almacenamiento o visualización, permitiendo ajustes inmediatos en las prácticas de riego y manejo agronómico.

### **4.2 Cálculo de evaporación mediante nivel de agua en el tanque cenirrómetro**

La evaporación determina la pérdida de agua en el sistema y es clave para planificar el riego eficiente. El dispositivo mide el nivel de agua en un tanque cenirrómetro mediante el sensor ultrasónico HY-SRF05, que calcula la distancia entre el sensor y la superficie del líquido. A partir de la variación del nivel en un periodo determinado, el sistema estima la evaporación acumulada, ofreciendo datos confiables para evitar desperdicio de recursos y optimizar la gestión hídrica.

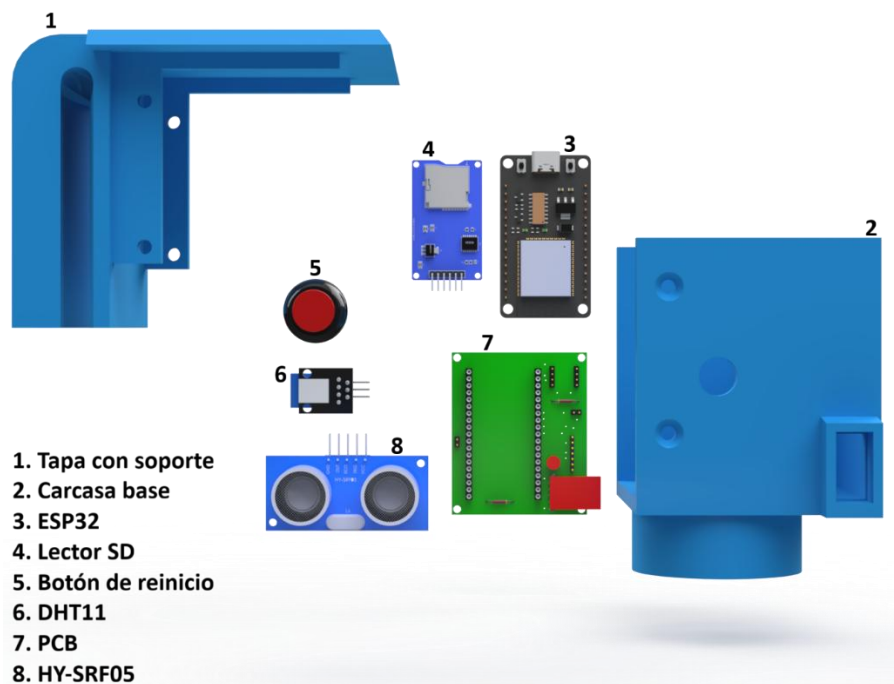
### **4.3 Almacenamiento de datos local u online**

Registrar y conservar los datos es fundamental para análisis históricos, predicciones y toma de decisiones basadas en evidencia. El dispositivo permite dos opciones: almacenamiento local en tarjeta SD, ideal para entornos sin conectividad, y envío a la nube mediante conexión Wi-Fi, lo que facilita la integración con hojas de cálculo y plataformas de monitoreo remoto. Esta dualidad asegura flexibilidad y accesibilidad en cualquier escenario operativo.

### **4.4 Conectividad Bluetooth y Wi-Fi para visualización y gestión remota**

La conectividad elimina la necesidad de desplazamientos constantes y permite supervisión en tiempo real desde cualquier ubicación. El dispositivo incorpora un módulo Bluetooth para la configuración inicial y visualización directa en campo mediante una aplicación móvil, y Wi-Fi, para transmisión continua de datos a la nube.

Figura 2: CENIMED, despiece



## 5. BENEFICIOS Y VENTAJAS

### 5.1 Datos en tiempo real sin depender de estaciones meteorológicas costosas

El dispositivo permite la captura continua de variables críticas (nivel de agua, temperatura y humedad) con transmisión inmediata a plataformas digitales. Esto elimina la necesidad de infraestructura compleja y reduce la latencia en la toma de decisiones, favoreciendo la implementación de sistemas de riego basados en datos dinámicos.

### 5.2 Portabilidad y facilidad de uso en campo

Su diseño compacto y ligero, junto con la alimentación mediante puerto USB de 5V, garantiza una instalación rápida sobre el cenirrómetro y movilidad entre diferentes puntos de monitoreo. La configuración inicial vía Bluetooth minimiza la dependencia de personal especializado, optimizando tiempos de despliegue.

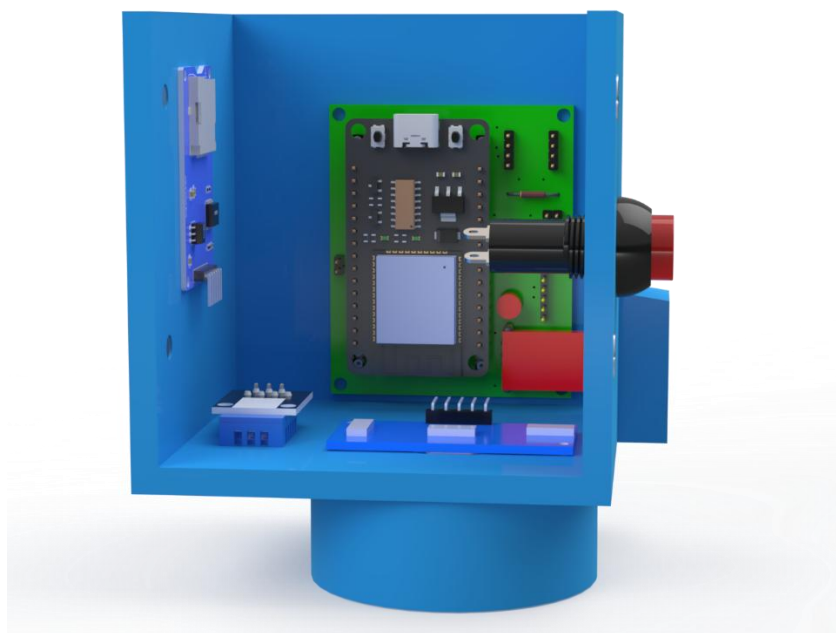
### 5.3 Gestión digital: almacenamiento local y remoto

El equipo ofrece redundancia en la gestión de datos mediante dos modalidades: almacenamiento en tarjeta SD para entornos sin conectividad y sincronización en la nube para análisis remoto. Esta arquitectura híbrida asegura la integridad de la información y facilita la integración con sistemas de gestión agrícola.

### 5.4 Reducción de costos frente a soluciones tradicionales

Al sustituir estaciones meteorológicas convencionales, el dispositivo disminuye significativamente los costos de adquisición, instalación y mantenimiento. Además, su modularidad permite actualizaciones futuras sin reemplazar el sistema completo, prolongando la vida útil y reduciendo el costo total de propiedad.

Figura 3: CENIMED, vista interna






## 6. INSTRUCCIONES DE USO

1. Conectar el dispositivo a una fuente de alimentación de 5V.
2. Desde un teléfono celular abrir la lista de dispositivos Bluetooth y vincularse a el dispositivo CENIMED.
3. Abrir la aplicación CENIMED V1.0 (la cual se instala con el .APK que viene adjunto a este documento).
4. En la parte superior de la aplicación presionar el botón **Seleccionar Dispositivo BT** el cual desplegará un listado de dispositivos disponibles en el que se debe seleccionar el vinculado en el paso 2.
5. Si la conexión se realizó con éxito aparecerá el mensaje **“Conectado”** encima del botón.
6. Mientras el dispositivo este conectado, en la parte inferior de la aplicación aparecerán las lecturas de temperatura, humedad y distancia cada 30 segundos.

Figura 4: CENIMED, Aplicación conectada.



7. El dispositivo tiene dos modos de configuración que dependen de si se tiene disponible una conexión constante a internet o no. Desde el paso 8 al paso 9 se explica el modo de almacenamiento local usando una tarjeta SD y del paso 10 al 20 se explica la configuración a través de wifi para almacenar los datos en la nube.
8. Para guardar los datos en la tarjeta SD es necesario primero configurar la fecha y la hora, para ello hay que presionar dentro de la aplicación el botón **Configurar Date**. En la parte inferior debe aparecer el mensaje **— Configuración Fecha y Hora —** Formato: seg, min, hora, día, mes, año seguido de esto se debe presionar el botón **Sincronizar fecha y hora**, si la fecha se sincronizó educadamente debe aparecer el mensaje **“Fecha configurada correctamente”** en el monitor serial y debajo del botón de sincronizar debe actualizarse la fecha y la hora a la misma del teléfono celular.
9. En la sección de *configurar almacenamiento SD* hay dos botones: **Start Save Data**, el cual inicializa el almacenamiento de los datos en la tarjeta SD y **Stop Save Data**, el cual finaliza la captura de la información. Para corroborar que los datos se estén almacenando de forma correcta, es necesario que debajo de los datos que muestra la aplicación aparezca siempre el mensaje **“Datos guardados correctamente”**.
10. Para almacenar los datos en la nube haciendo uso de la conexión wifi el primer paso es abrir una cuenta de Google desde la cual se creará una nueva hoja de cálculo.
11. En la barra de herramientas de la hoja de cálculo abrir la pestaña *extensiones* y seleccionar  **Apps Script**.
12. En la nueva ventana se le da un nombre al *script* y se debe reemplazar las líneas de código que aparecen por defecto por las siguientes:

```
function doPost(e) {
  var sheet =
  SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().getActiveSheet();
  var data = JSON.parse(e.postData.contents);
  sheet.appendRow([new Date(), data.distance, data.hum1, data.tempC1,
  data.eva]);
}
```
13. En la esquina superior derecha de la ventana donde se acaba de pegar el código se encuentra el botón **Implementar**, al presionarlo se abrirá una lista desplegable en la cual se debe seleccionar la opción **“Nueva implementación”**.
14. En la ventana que acaba de abrirse, se debe ubicar la opción **“Seleccionar tipo”** y dar clic en el icono del engranaje. Se desplegará una lista en la que debe seleccionarse la opción **“Aplicación web”**.

15. En la parte derecha de la misma ventana ahora aparecen unas casillas en las que se relaciona la descripción de la implementación, la cuenta de Google asociada y los permisos de acceso. Se recomienda permitir el acceso a cualquier usuario.
16. Finalmente se ejecuta el script presionando el botón **Implementar** ubicado de la esquina inferior derecha. Cuando el proceso se complete, una nueva ventana arrojará dos enlaces, el *ID de implementación* y el enlace de la *aplicación web*. Se recomienda guardar ambos en un *.txt* ya que en los siguientes pasos es fundamental tenerlos a la mano.
17. De vuelta en la aplicación CENIMED V1.0 en la sección “Configurar Excel” se va a pegar el enlace de la *aplicación web* que arrojó la implementación previa. Ya con el enlace en la caja de texto presionar el botón **Configurar URL** y esperar el mensaje **— Configuración URL —  
Ingresa la URL:**, mientras este mensaje se encuentra en el monitor serial presionar el botón **Sincronizar URL**. Si el proceso se realizó correctamente debe aparecer un mensaje indicando que la *url* se guardó correctamente.
18. Los últimos pasos corresponden a la configuración de la red wifi. Previamente a presionar el botón **Config WIFI**, es recomendable escribir en cada casilla de texto el SSID (nombre de la red) y el PASS (la contraseña de la red). Al presionar el botón en mención, en el monitor serial aparecerá **— Configuración WIFI —  
Ingresa SSID:**. Si ya escribió el nombre de la red entonces pulse el botón **Sync SSID**, cuando aparezca el mensaje de ingresar contraseña entonces pulse el botón **Sync Pass**. Si las credenciales son correctas aparecerá un mensaje indicando que la conexión fue exitosa y que se apagará el Bluetooth.
19. Para corroborar que el almacenamiento en la nube fue un éxito ingrese a la hoja de cálculo creada en Google, en la cual deberá ver los datos almacenados en cada captura organizados en filas (fecha, distancia, humedad, temperatura, evaporación).
20. Luego de activado el almacenamiento a través de Wifi, el bluetooth se mantiene desconectado tras cada reinicio y el dispositivo intenta conectarse siempre a la red configurada. Si desea cambiar la red o conectarse a través de bluetooth, mantenga pulsado el botón de reinicio durante 3 segundos mientras el CENIMED se encuentra conectado a la alimentación para restaurar todas las credenciales.

## 7. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### 7.1 Rango de Medición

#### HY-SRF05

0 – 4000 mm  $\pm 1$  mm

#### DHT11

0-50°C  $\pm 2$  °C

20-90%  $\pm 5$  % HR

### 7.2 Alimentación

El dispositivo se alimenta mediante un puerto **USB de 5V**, compatible con fuentes convencionales y baterías externas tipo *power bank*. El consumo promedio es de **250–300 mA**, dependiendo del uso simultáneo de los módulos Wi-Fi y Bluetooth. Con una batería externa de **10.000 mAh**, el sistema alcanza una autonomía aproximada de **50 horas** tomando datos cada minuto, lo que lo hace ideal para aplicaciones en campo sin acceso a energía eléctrica. Además, su diseño permite la integración con paneles solares para extender la operación en entornos remotos.

### 7.3 Medida

- Largo: 10cm
- Ancho: 10cm
- Alto: 11cm
- Peso: 220g

## 8. CASOS DE USO

### **Monitoreo de evaporación en sistemas de riego**

Instalación sobre tanque cenirrómetro para calcular la tasa de evaporación diaria y ajustar la programación del riego en cultivos de palma de aceite.

### **Validación de modelos agroclimáticos**

Recolección de datos en tiempo real para alimentar algoritmos predictivos de balance hídrico y optimización de recursos hídricos.

### **Investigación en fisiología vegetal**

Uso en ensayos experimentales para correlacionar variables ambientales (temperatura, humedad) con la respuesta fisiológica de la palma de aceite.

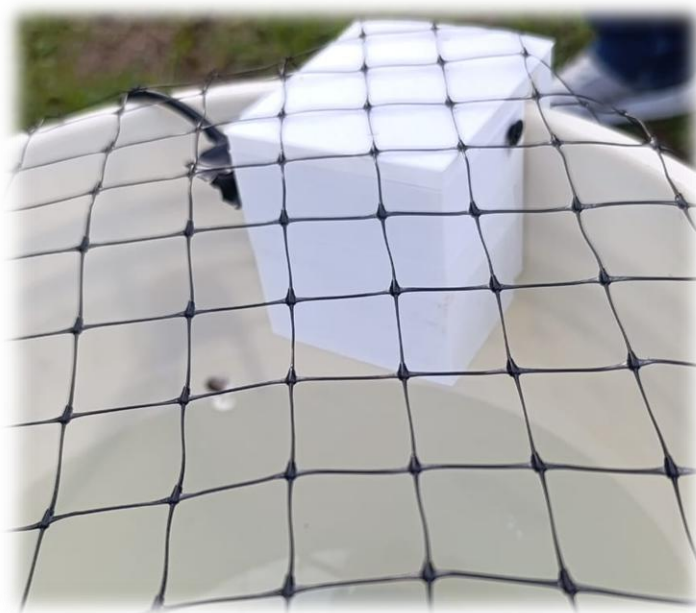
### **Gestión hídrica en zonas remotas**

Implementación en áreas sin infraestructura tecnológica, aprovechando la portabilidad y la autonomía del dispositivo para garantizar datos confiables.

### **Integración con plataformas IoT agrícolas**

Conexión del dispositivo a sistemas de monitoreo remoto y análisis en la nube, permitiendo la toma de decisiones basada en información centralizada.

Figura 5: CENIMED, en tanque cenirrómetro



## 9. MANTENIMIENTO Y CUIDADO

El mantenimiento adecuado asegura un rendimiento óptimo del CENIMED, para ello se recomienda:

### 9.1 Limpieza

Después de cada uso, limpie cuidadosamente la carcasa externa del dispositivo, evitando la acumulación de agua y polvo. En caso de que sea necesario destaparlo, hágalo con cuidado, respetando las conexiones internas.

### 9.2 Almacenamiento

Guardar el dispositivo en un lugar seco y protegido, lejos de la exposición a condiciones extremas.

## 10. PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES

### 10.1 Error en la medida de humedad y temperatura

Este problema puede ocurrir por acumulación de polvo, suciedad o humedad en el sensor DHT11, lo que afecta la lectura de los valores. También puede deberse a una mala conexión eléctrica o a interferencias en el entorno.

#### Posibles soluciones:

- Limpie cuidadosamente el sensor con un paño seco para eliminar residuos.
- Verifique que las conexiones estén firmes y sin falsos contactos.
- Asegúrese de que el dispositivo esté ubicado en un lugar sin exposición directa a fuentes de calor o corrientes de aire que alteren la medición.
- Si el error persiste, considere reemplazar el sensor por uno nuevo.

### 10.2 Medida de distancia siempre cero (0) o datos errados

Cuando el sensor ultrasónico arroja valores nulos o incoherentes, puede deberse a una obstrucción en el área de medición, a un mal posicionamiento del sensor o a problemas de alimentación eléctrica.

#### Posibles soluciones:

- Compruebe que el sensor esté orientado correctamente y sin obstáculos en su rango de detección.
- Revise el voltaje de la batería; si está por debajo del nivel recomendado, reemplácela.
- Verifique las conexiones del sensor y asegúrese de que los cables no estén dañados.
- Si el problema persiste, realice pruebas con otro sensor para descartar fallas internas.

### 10.3 Error al guardar en SD

Este error suele presentarse por una mala inserción de la tarjeta, corrupción del sistema de archivos o falta de inicialización en el código.

#### Posibles soluciones:

- Retire y reinserte la tarjeta SD asegurándose de que esté bien colocada.
- Formatee la tarjeta en FAT32 antes de usarla.
- Revise el código para confirmar que la función de inicialización de la SD se ejecuta correctamente.
- Si el error continúa, pruebe con otra tarjeta SD para descartar daños físicos.

### 10.4 Error al conectar a red Wifi

La falla en la conexión puede deberse a credenciales incorrectas, baja intensidad de señal o problemas en la configuración del módulo.

#### Posibles soluciones:

- Verifique que el SSID y la contraseña estén correctamente escritos en el código.
- Acerque el dispositivo al punto de acceso para mejorar la señal.
- Reinicie el módulo y el *router* para restablecer la conexión.
- Si el problema persiste, revise la compatibilidad del módulo con la red (2.4 GHz vs 5 GHz).

### 10.5 Dispositivo no enciende

Este problema puede estar relacionado con una batería descargada, un cable USB defectuoso o fallas en el regulador de voltaje.

#### Posibles soluciones:

- Compruebe el estado de la batería y recárguela si es necesario.
- Verifique el cable de alimentación y cámbielo por uno funcional.
- Revise el regulador de voltaje y las conexiones internas para descartar daños.
- Si no hay respuesta, considere reemplazar la placa principal.

## 10.6 Dispositivo no se conecta por Bluetooth

La falta de conexión Bluetooth puede deberse a que el módulo no está en modo visible, a interferencias, a errores en la configuración de la aplicación o a una red wifi configurada previamente.

### **Posibles soluciones:**

- Asegúrese de que el Bluetooth del dispositivo esté activado y visible.
- Pulse el botón de reinicio del dispositivo para restaurar todas las credenciales.
- Verifique que la aplicación esté configurada con el nombre correcto del módulo.
- Si el problema persiste, pruebe con otro dispositivo móvil para descartar incompatibilidad.



## 11. CONCLUSIONES

Este dispositivo representa una solución eficiente, económica y tecnológicamente avanzada para el monitoreo ambiental en cultivos de palma de aceite. Su diseño portátil y bajo consumo energético lo convierten en una herramienta práctica para entornos agrícolas donde la movilidad y la autonomía son esenciales. La capacidad de medir variables críticas como humedad, temperatura y nivel freático, junto con la integración de almacenamiento en tarjeta SD y conectividad inalámbrica, permite gestionar datos en tiempo real y facilita la toma de decisiones basada en información confiable.

La implementación de este sistema contribuye directamente a la optimización del riego, lo que se traduce en un uso más racional del recurso hídrico, reducción de costos operativos y mejora en la productividad del cultivo. Además, su enfoque en la automatización y digitalización de procesos agrícolas fortalece la transición hacia una agricultura más sostenible y tecnificada, alineada con las tendencias de innovación en el sector palmicultor. Finalmente, la escalabilidad del dispositivo abre la posibilidad de incorporar nuevas funciones, como análisis predictivo y conexión con plataformas IoT, potenciando su impacto en la gestión integral del cultivo.