

MONITOREO DE CULTIVOS CON INTERNET DE LAS COSAS POR MEDIO DE UNA RED DE SENSORES

CROP MONITORING WITH THE INTERNET OF THINGS THROUGH A NETWORK OF SENSORS

Recibido: 30 de septiembre del 2022

Aceptado: 17 de noviembre 2022

H. García Aldape¹E. Chávez López²C.A. Reyes del Ángel^{3*}O.D. Oyarvide Martínez⁴

RESUMEN

La agricultura inteligente, es un concepto que aplica el uso de nuevas tecnologías en los campos agrícolas para su monitoreo remoto. El objetivo principal de este artículo es optimizar dos de los principales recursos requeridos por el cultivo -el agua y la temperatura- para su desarrollo con la mejor calidad, tiempo y producción estimada. Aplicar tecnologías innovadoras a la agricultura es cada vez más necesario, por lo que; es común encontrar cultivos con sistemas de monitoreo basados en sensores, microprocesadores y medios de transmisión que aportan utilidad para lograr cumplir con el objetivo mencionado. La temperatura y humedad son dos variables que inciden en el crecimiento óptimo de una planta y la calidad del producto que proporciona. El presente trabajo, propone un prototipo para monitorear la humedad ambiente, la temperatura ambiente y la humedad del suelo en cultivos agrícolas. El usuario puede calibrar por programación los parámetros mencionados de acuerdo a los niveles óptimos requeridos por cada cultivo y tipo el suelo. Además, se describe por etapas la construcción de cada uno de los módulos, la forma como se miden, procesan y envían los datos en tiempo real, desde el cultivo en monitoreo hasta los dispositivos destinados para su visualización y toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE: agricultura inteligente, sensores, internet de las cosas.

ABSTRACT

Smart agriculture is a concept that applies the use of new technologies in agricultural fields for remote monitoring. The main objective of this article is to optimize two of the main resources required by the crop -water and temperature- for its development with the best quality, time and estimated production. Applying innovative technologies to agriculture is increasingly necessary, therefore; It is common to find crops with monitoring systems based on sensors, microprocessors and transmission media that provide utility to achieve the aforementioned objective. Temperature and humidity are two variables that affect the optimal growth of a plant and the quality of the product it provides. The present work proposes a prototype to monitor ambient humidity, ambient temperature and soil moisture in agricultural crops. The user can calibrate the mentioned parameters by programming according to the optimal levels required by each crop and type of soil. In addition, the construction of each of the modules is described in stages, the way in which the data is measured, processed and sent in real time, from the monitoring crop to the devices intended for its visualization and decision making.

KEY WORDS: smart agriculture, sensors, internet of things.

¹ Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, horacio.garcia@tecvalles.mx

² Estudiante del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, 17690299@tecvalles.mx

³ Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, carlos.delangel@tecvalles.mx
(correspondencia)

⁴ Profesor del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, oscar.oyarvide@tecvalles.mx

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola se enfrenta a importantes retos como la necesidad de abastecer a una población cada vez más alta (según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, se espera que en el año 2050 se tenga que producir un 70% más de alimentos para 2.300 millones de personas adicionales), contando cada vez con menos espacios disponibles para el cultivo. (Maher, 2021).

La Agricultura Inteligente viene a solventar algunos de estos problemas, permitiendo que con menos recursos y un uso óptimo de los mismos; la producción de alimentos pueda llegar a incrementarse incluso en más de un 70% (según investigaciones recientes de entidades como Beecham Research). Por tal motivo; es necesario desarrollar métodos, tecnologías o herramientas que ayuden a cumplir este objetivo. (Maher. 2021).

En los años ochenta, nació el concepto de agricultura de precisión (AP); con los avances tecnológicos y el crecimiento de las telecomunicaciones en los últimos años, nació la internet de las cosas (IoT), esta red ha fortalecido a la agricultura de precisión; desarrollando proyectos y aplicaciones para medir y monitorear las cualidades de los cultivos, cualidades del suelo y los factores climáticos que se necesitan para proporcionar el mejor tratamiento en el lugar y el momento justos.

Los beneficios que trae consigo el uso de IoT en la agricultura de precisión (AP) son múltiples: Disminución de costos e insumos en el proceso de cultivo, disminución de los tiempos de trabajo en todo el proceso de cultivo, aumento de la productividad, aumento de la rentabilidad, sustentabilidad en el proceso de producción, optimización del consumo de agua y abonos, previniendo e impidiendo acciones contaminantes de distinto tipo, generación de productos sanos y de bajo costo, favorece el respeto al medio ambiente, optimiza el uso de agua, fertilizante y combustible. (Telcel, 2022).

El presente trabajo muestra el diseño y desarrollo de una red de sensores para el monitoreo de la temperatura ambiente, la humedad ambiente y la humedad del suelo presentes en un área de cultivo, consiste en cinco etapas que describen la metodología empleada en su elaboración. El objetivo de este proyecto, es proporcionar información en tiempo real de las variables mencionadas para optimizar recursos como el agua y ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones para obtener los resultados en cantidad, tiempo y calidad esperados.

METODOLOGÍA

La estructura para el desarrollo del sistema se define en 5 etapas:

Etapas 1. Selección de sensores a utilizar.

Para monitorear el comportamiento de variables físicas como la humedad y temperatura ambiental y la humedad del suelo, se diseña un dispositivo electrónico para medir estas variables en tiempo real. Para el sistema de monitoreo de cultivos, se decide emplear los siguientes sensores:

Sensor DHT11: es un sensor que mide humedad y temperatura ambiente. Es ideal para sistemas de medición climatológicos o para controles de temperatura y humedad. Este módulo está provisto de buena señal a ruido ante la interferencia y es calibrado en fábrica. Lo anterior permite que sea preciso en calibración de humedad. Los coeficientes de

calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son utilizados por el proceso de detección de la señal interna del sensor. (AG Detalles DHT 11, s. f.).

Sensor V1.2 Moisture; es un sensor que mide humedad de suelo, es de tipo capacitivo ya que contiene dos placas de condensadores y el suelo a donde se introduce actúa como el dieléctrico, por tal motivo; requiere calibración ya que las propiedades dieléctricas difieren dependiendo el tipo de suelo o es necesario recalibrarlo cuando se alteran las propiedades dieléctricas del suelo al agregar fertilizante, corrector de pH, etc. El sensor puede usarse para proyectos como jardinería o cultivos inteligentes. (Newark. 2022).

Etapa 2. Topología de conexión

Se emplea la topología estrella para comunicar dos módulos sensores/maestro con el módulo esclavo/receptor de los datos, posteriormente; mediante una topología punto a punto, el módulo transmisor XBee configurado en modo router, realiza la transferencia de la información por medio de comandos de atención (AT), hacia el módulo receptor Xbee configurado como coordinador. (Faludi, 2011).

Etapa 3. Configuración de la comunicación en campo

Para comunicar la red de sensores de los módulos sensores/maestro y transferir las lecturas de las variables medidas al módulo esclavo, se utiliza la WI-FI integrada que ambos módulos tienen ya que están fabricados con la placa de desarrollo ESP8266; esta característica, permite que los módulos sensores maestros transfieran la lectura de sus sensores al módulo esclavo a través de una señal de radiofrecuencia. (Faludi, 2011).

Etapa 4. Configuración de la comunicación remota.

La comunicación remota se refiere al envío de las lecturas de las variables que realizan los sensores en campo hacia el sistema remoto de monitoreo. Este sistema de monitoreo puede ser un equipo de cómputo fijo, portable o a un teléfono inteligente (smartphone). El nodo esclavo es quien recibe los datos recabados en campo para que sean leídos y procesados por el módulo XBee transmisor, quien envía por radiofrecuencia en la banda de 2.4GHz la información al módulo XBee receptor. Para finalizar se utiliza una placa ESP8266, para subir los datos a la nube y a la plataforma de desarrollo creada para su visualización y monitoreo. (Whats is zigbee, 2022).

Etapa 5. Graficación de datos en tiempo real.

Para visualizar y monitorear la información, se desarrolló una aplicación en la plataforma de desarrollo para internet de las cosas (IOT) llamada Blynk, en ella se generan las gráficas de los datos que los sensores proporcionan en tiempo real para ser mostradas en la pantalla del equipo de cómputo y/o el teléfono inteligente que cuente con la aplicación instalada y configurada para recibirlas.

RESULTADOS

Etapa 1. Selección de sensores a utilizar.

Módulo maestro (Caja de sensores)

Este módulo, está constituido por una placa de desarrollo nodeMCU ESP8266 montada en una placa de expansión shield motor ESP12E; a esta última se le conecta el sensor de temperatura y humedad relativa DHT11 y el sensor de humedad de suelo v1.2. El módulo es autosustentable, cuenta con una celda solar (CN-3065) que suministra hasta 5 VCC con capacidad nominal de 160 mA, en condiciones de luz óptimas y que junto con un controlador de carga, suministra energía a una batería de litio de 3500 mA que es la encargada de energizar el módulo para su funcionamiento.

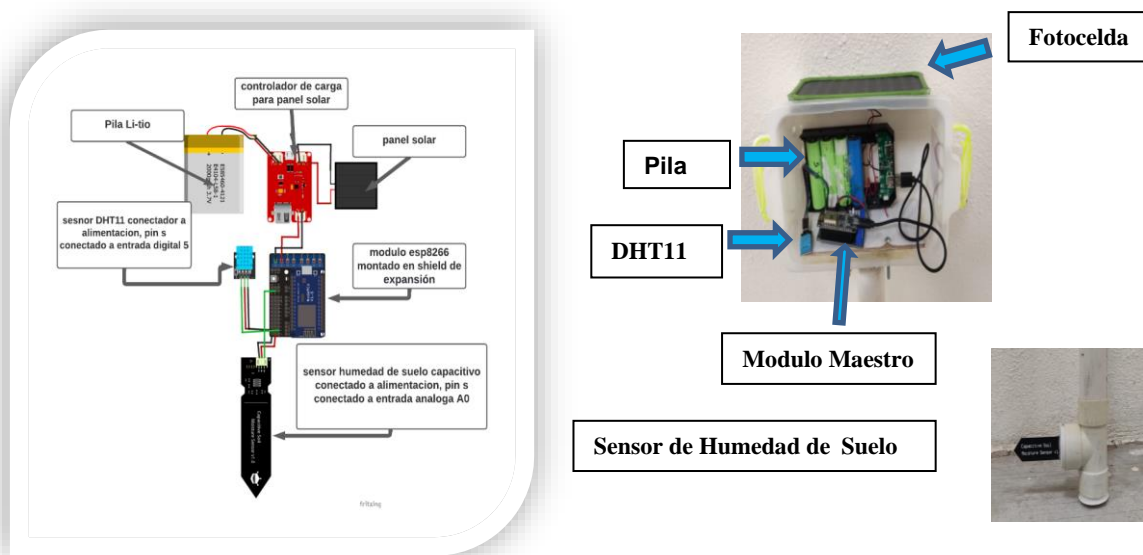


Figura 1. Diagrama esquemático y físico del módulo sensor maestro. Fuente: Original

Etapa 2. Topología de conexión

Se muestra a continuación la topología utilizada y los canales de comunicación del prototipo

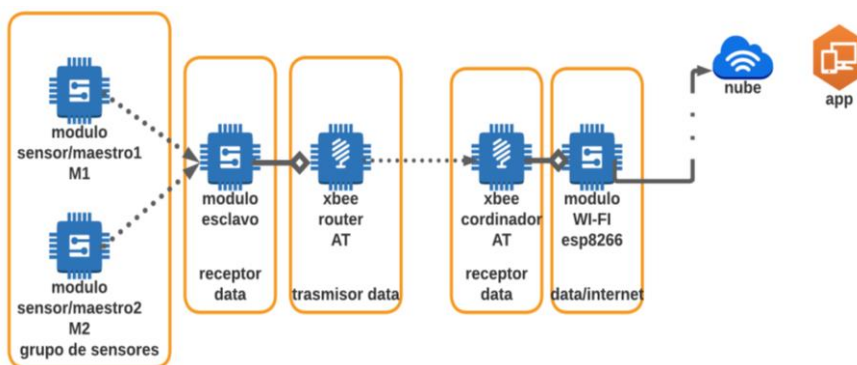


Figura 2. Diagrama a bloques de la topología de red Fuente: Original

Etapa 3. Configuración de la comunicación en campo.

Módulo sensor/maestro

El módulo sensor maestro es colocado en campo, dependiendo el tipo de cultivo; es la profundidad a la que debe colocarse el sensor de humedad bajo el suelo. Los sensores de temperatura y humedad ambiente quedan en la parte superior de la estructura. El módulo es autosustentable, cuenta con una fotocelda conectada a un driver para proporcionar carga a un sistema de baterías que se encarga de proporcionar energía a todos los dispositivos electrónicos del módulo sensor maestro. En resumen, el módulo realiza lo siguiente:

1. Recibe las señales de lectura de los sensores.
2. Genera una estructura de variables que contiene cada lectura de los sensores.
3. Utiliza el protocolo ESP-NOW mediante dirección MAC para comunicarse con el módulo esclavo y así enviarle la estructura de datos.



Figura 3. Forma física del módulo sensor maestro. Fuente: Original

Módulo esclavo

El módulo esclavo también es colocado en campo, de igual manera que el sensor maestro; es autosustentable, cuenta con una fotocelda conectada a un driver para proporcionar carga a un sistema de baterías que se encarga de proporcionar energía a todos los dispositivos electrónicos del módulo. La diferencia entre el módulo maestro y el módulo esclavo es que a este último se le conecta una etapa de radiofrecuencia con una tarjeta XBee cuya función es leer la información que llega al módulo esclavo y transmitirla en la frecuencia de 2.4 GHz al módulo receptor remoto. Básicamente realiza las siguientes tareas:

1. Recibe la estructura de datos que le envían los sensores maestro
2. Separa utilizando una coma (“,”) los datos de la estructura para concatenarlos en una cadena de texto.

3. El módulo XBee transmisor se configura en modo router con comunicación AT, lee los datos concatenados y los envía por radio frecuencia.

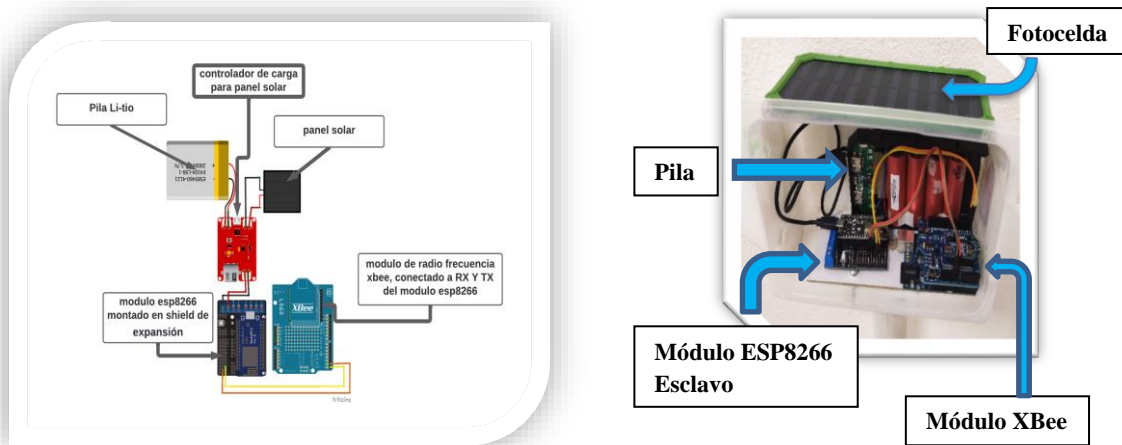


Figura 4. Diagrama esquemático y físico del módulo esclavo Fuente: Original

Etapa 4. Configuración de la comunicación remota.

Módulo receptor WI-FI con ESP8266

El módulo receptor está colocado remotamente a una distancia máxima entre 800 a 1000 metros. Consiste en una tarjeta XBee que trabaja en la frecuencia de 2.4 GHz y está configurada en modo coordinador con comunicación AT y una tarjeta ESP8266 que interpreta los datos recibidos para darles un formato adecuado y subirlos a la nube. A continuación, se describe su funcionamiento:

1. El módulo XBee coordinador recibe la información proveniente como una estructura de datos.
2. El módulo WI-FI ESP8266 convierte la estructura de datos recibidas de la tarjeta XBee y la almacena en una variable tipo texto, para posteriormente separar cada dato en una variable específica (Dn) usando como referencia de extracción una coma (",").
3. Se tiene como referencia que el primer dato obtenido es el id (ID) que identifica al módulo sensor que envió los datos. Los datos restantes, son las lecturas de los sensores del mismo módulo que llegan en orden sucesivo: Variable2, Variable3 y Variable 4.

Tabla 1 Separación de variables y su asignación a las variables específicas

Fuente original

ID1		ID 2	
D1	Humedad relativa txt	D1	Humedad relativa txt
D2	Temperatura relativa txt	D2	Temperatura relativa txt

D3	Humedad de suelo txt	D3	Humedad de suelo txt
----	----------------------	----	----------------------

- Finalmente, para subir los datos a la plataforma IoT Blynk, a cada variable específica (D_n) se le asigna un pin virtual (V_1, V_2, \dots, V_n); estos pines virtuales son vinculados mediante el uso de librerías y código exclusivo de la plataforma para mostrarse en widgets a los que fueros asignados.

Tabla 2 Vinculación de variables a pines virtuales

Fuente original

ID1		ID 2	
Pin virtual 1	D1	Pin virtual 4	D1
Pin virtual 2	D2	Pin virtual 5	D2
Pin virtual 3	D3	Pin virtual 6	D3

- El módulo WI-FI debe estar conectado a un servicio de internet para enviar a la nube los datos extraídos de los pines virtuales.

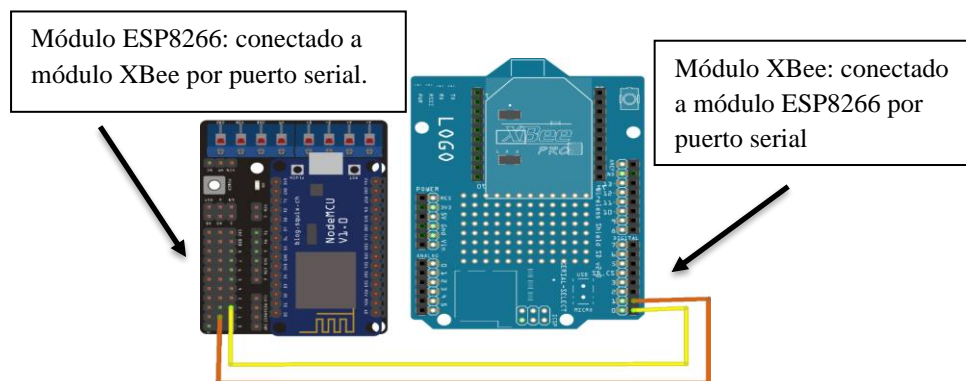


Figura 5. Diagrama esquemático del módulo receptor Fuente: Original

Etaapa 5. Graficar datos en tiempo real.

Aplicación empleando la plataforma IoT BLYNK

Esta aplicación está desarrollada con la plataforma para internet de las cosas llamada BLYNK, sirve para mostrar de manera numérica y gráfica la información de todas las variables del proyecto.

Para configurar la plataforma IoT Blynk se realiza lo siguiente:

1. Se genera una plantilla de trabajo, se le asigna un nombre y se le indica el tipo de dispositivo del cual se obtendrán los datos, para este caso es el módulo WI-FI ESP8266. Con esto, queda generado el proyecto en la plataforma.
2. Una vez creada la plantilla, se genera un virtual pin para cada variable, a cada uno se le asigna por configuración el dato que le corresponde proveniente del módulo WI-FI. A este proceso se llama DATASTREAM.
3. Se procede a crear el escritorio de trabajo, para esto se utilizan widgets que la plataforma proporciona. Para mostrar el dato numérico de cada variable se emplea el widget “gauge” y para su gráfica se emplea el widget “chart”. En ambos, es necesario indicar en su configuración el virtual pin que requieren de acuerdo a la variable para la que fueron creados.
4. Como paso final, se crea el dispositivo de trabajo en la plataforma Blynk para la plantilla del proyecto y con ello se generen las credenciales de acceso que requiere la plataforma para identificar donde colocar cada dato en el tablero monitor.

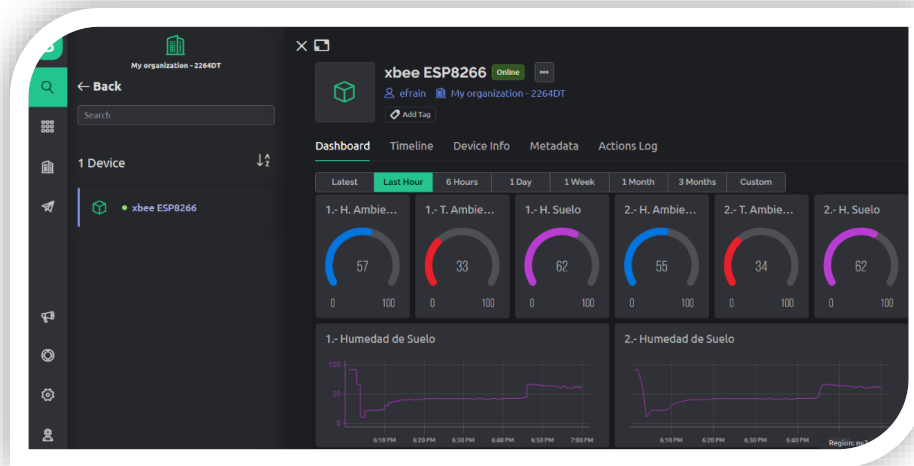


Figura 6. Monitor de trabajo de la página WEB Fuente: Original



Figura 7. Monitor de trabajo de la aplicación móvil Fuente: Original

CONCLUSIONES

El desarrollo exponencial de las comunicaciones e Internet de las cosas (IoT) ha permitido la creación de nuevos paradigmas de trabajo en todas las áreas de la humanidad. Con el tiempo, es cada vez mayor el uso de ambas en proyectos de medicina, deporte, sociedad, cultura, industria, etc. La agricultura también es una de estas áreas y gracias a ello, nació el concepto de agricultura inteligente. Actualmente, se han desarrollado proyectos tecnológicos que facilitan monitorear e incluso controlar de manera óptima y en tiempo real, las variables que permiten el desarrollo eficiente de los cultivos agrícolas.

En esta primera fase, se consiguió el objetivo de desarrollar el prototipo de una red de sensores para monitorear en tiempo real la temperatura ambiente, humedad ambiente y humedad del suelo en cultivos agrícolas; además, se realizaron pruebas de laboratorio satisfactorias para verificar el funcionamiento del prototipo como se muestra en la figura 8, por tal motivo, se propone como trabajo futuro realizar pruebas de campo en cultivos agrícolas, tomando en consideración asesorías de expertos en agricultura que nos indiquen los valores óptimos de las variables monitoreadas.

La finalidad de este proyecto, es ser una herramienta que proporcione información en tiempo real hacia cualquier dispositivo móvil conectado a la internet. Se considera que dichos equipos están bajo responsabilidad de quien administra el cultivo; además, cuentan con la aplicación y permisos requeridos para que el usuario acceda cuando lo requiera y tome decisiones basadas en sostenibilidad y sustentabilidad.

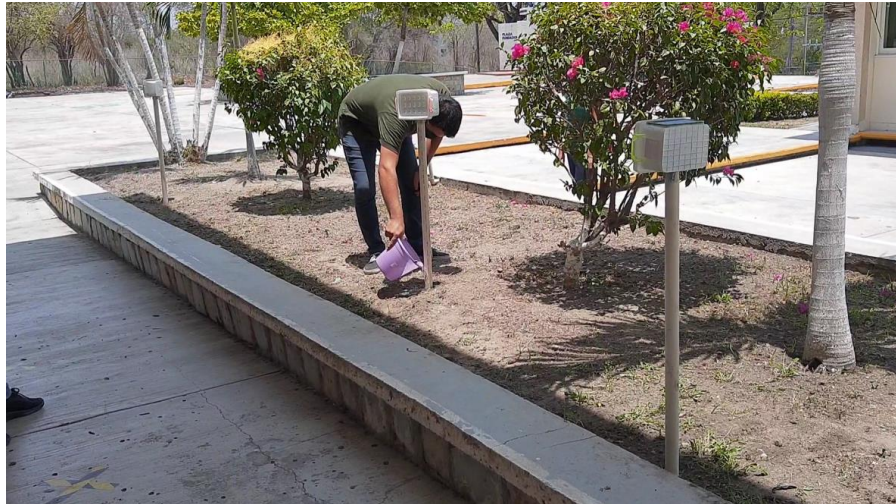


Figura 8. Prueba de laboratorio para verificar la funcionalidad del prototipo.

Fuente: Original



Figura 9. Verificación de la recepción y visualización de datos en los dispositivos móviles. Fuente: Original

BIBLIOGRAFÍA

- AG Detalles DHT 11. Recuperado 7 de septiembre de 2022, de <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/D/DHT11.PDF>
- Faludi, R. (2011). Building Wireless Sensor Networks. (B. Jepson, Ed.) Sebastopol, CA, United States Of America: O'Reilly Media, Inc.
- Maher, Smart agrocontrollers. Agricultura inteligente 2021: las tendencias agrícolas para el nuevo año. Obtenida el 12 de septiembre de 2021, de <https://www.maherelectronica.com/agricultura-inteligente-tendencias-tecnologicas/>
- Newark AN AVNet Company Recuperado 7 de septiembre de 2022, de <https://mexico.newark.com/dfrobot/sen0193/analog-capacitive-soil-moisture/dp/80AC9428pdf>Romero, S. (2021, 26 agosto). ¿Qué es la agricultura de precisión? La gestión digital del campo. BBVA NOTICIAS. Recuperado el 7 de septiembre de 2022, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-agricultura-de-precision-la-gestion-digital-del-campo/>
- Telcel, 2022. IoT en la agricultura de precisión. Telcel.com. Recuperado el 20 de septiembre de 2022, de <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/como-funciona-iot-en-agricultura-de-precision.html>
- What Is Zigbee Protocol Wireless Mesh Networking? (s. f.). Digi. Recuperado el 7 de septiembre de 2022, de <https://es.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard>