**Sistema de monitoreo de huerto basado en ESP8266**

Anthony Llactahuaman-Muguerza, Bianca Romero-Diaz, Yosmar Tejeda-Echegaray

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela de Ingeniería de Software, Universidad Nacional Mayor de San Marcos

# **Resumen**

Este proyecto se centra en el desarrollo de un sistema de monitoreo para huertos de orquídeas, utilizando tecnología de Internet de las Cosas (IoT). El sistema está basado en un microcontrolador ESP8266 y emplea diversos sensores para monitorear las condiciones ambientales críticas para el cultivo de orquídeas. Los componentes del sistema incluyen un sensor de humedad del suelo, un sensor de temperatura y humedad ambiental, una pantalla LCD, una mini bomba de agua y un sensor de luz.

La funcionalidad principal del sistema es permitir a los usuarios monitorear y gestionar las condiciones de sus plantas a través de una aplicación móvil. El sensor de humedad del suelo mide la cantidad de agua presente en el sustrato, proporcionando datos críticos para el riego adecuado de las orquídeas. El sensor de luz evalúa la intensidad de la luz recibida por las plantas, asegurando que estas reciban la cantidad de luz necesaria para su crecimiento óptimo.

Los datos recopilados por los sensores se muestran en tiempo real en la pantalla LCD y se transmiten a la aplicación móvil, donde los usuarios pueden visualizar y analizar estos parámetros. La aplicación móvil no solo permite la visualización de datos, sino que también ofrece funcionalidades de gestión activa, como la activación remota de la mini bomba de agua para el riego.

El sistema permite a los usuarios configurar niveles deseados de humedad y luz de acuerdo con las necesidades específicas del tipo de orquídea que estén cultivando. Esta capacidad de personalización garantiza que cada planta reciba el cuidado preciso que necesita, optimizando su crecimiento y salud. Además, la aplicación móvil emite alertas automáticas cuando las condiciones de la planta no son adecuadas, notificando a los usuarios cuando las condiciones se desvían de los rangos establecidos, permitiendo intervenciones rápidas y efectivas.

Este sistema de monitoreo IoT para huertos de orquídeas representa una integración efectiva de tecnología avanzada en la horticultura, proporcionando una herramienta valiosa para el cuidado eficiente y preciso de orquídeas. La capacidad de monitoreo en tiempo real, la gestión remota y las alertas automáticas no solo mejoran la salud y el crecimiento de las plantas, sino que también facilitan el cuidado de estas delicadas especies, haciendo que el cultivo de orquídeas sea más accesible y manejable para aficionados y profesionales.

# **1. Introducción**

## 1.1 Planteamiento del problema

El cuidado de la orquídea peruana, al igual que el de otras especies de orquídeas, requiere de condiciones ambientales muy específicas para asegurar su crecimiento saludable y su valor comercial. Estas plantas necesitan un monitoreo constante para garantizar que se mantengan en condiciones óptimas, que incluyen niveles de humedad entre el 50% y el 70% para la mayoría de las especies, temperaturas diurnas entre 20°C y 25°C, y temperaturas nocturnas entre 15°C y 20°C. Además, es esencial proporcionar condiciones de luz específicas, que varían según la especie, pero que generalmente evitan la luz solar directa y excesiva, y asegurar una buena circulación de aire para prevenir enfermedades y mantener un ambiente saludable.

Un aspecto crucial del riego es permitir que las raíces se sequen entre riegos para evitar la pudrición. Sin embargo, mantener estas condiciones de manera constante y precisa puede ser un desafío significativo sin la ayuda de un sistema automatizado. La variabilidad del clima y otros factores externos pueden complicar aún más el manejo adecuado de estas plantas delicadas.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Implementar un sistema de monitoreo de huertos utilizando tecnología IoT para obtener datos en tiempo real y optimizar el cuidado de las orquídeas, garantizando condiciones ambientales óptimas para su crecimiento y salud.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

* Desarrollar y configurar un dashboard interactivo para la visualización de los datos recopilados por el sistema, proporcionando una interfaz intuitiva para los usuarios.
* Integrar una aplicación móvil que permita a los usuarios manejar y ajustar parámetros críticos del entorno de las plantas, como humedad, temperatura y luz, facilitando el cuidado personalizado de las orquídeas.
* Establecer alertas y notificaciones en la aplicación móvil para informar a los usuarios sobre desviaciones en las condiciones ambientales, permitiendo una respuesta rápida y efectiva para mantener las plantas en condiciones óptimas.

# **2. Estado del Arte**

A continuación, se describen los sistemas de monitorización basados en ESP8266 encontrados en artículos científicos. Se indica a qué planta/ hortaliza está orientado el sistema asimismo se resumen sus componentes y aplicaciones.

Tabla 1. Sistemas de monitoreo de huertos basados en ESP8266

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Sistema | Componentes | Aplicaciones |
| [1] | Sistema de riego automático de tomateras | * Sensor de humedad del suelo * Sensor DHT11 temperatura y humedad * Ventilador * Relé * Bomba de Agua * Pantalla LCD * Zumbador activo * Android * Router/wifi * API Telegram | * Monitoreo de humedad del suelo con activación automática de riego * Control de temperatura ambiente que activa ventilador * Integración con Bot de Telegram Messenger para monitoreo * Visualización de métricas en LCD |
| [2] | Automatización de un sistema de riego para el cultivo de caña de azúcar en la región de Gujarat, India | * Sensores de temperatura y humedad * Sensor de humedad de suelo capacitivo * Pantalla LCD 16x2 con chip de protocolo I2C * Válvulas solenoides * Relé * Arduino Uno * Bomba de agua * Panel solar * Batería recargable * Software CropWat para cálculo de necesidades de riego según información ambiental. | * Monitoreo de humedad de suelo * Gestión automatizada de riego * Conexión a nube para toma de decisiones * Alimentación mediante panel solar o batería. * Visualización de métricas en pantallas LCD * Desarrollo de planes de riego personalizados para diferentes condiciones de cultivo |
| [3] | Sistema de monitorización de humedad del suelo de bajo coste para cultivos de tierras altas | * Panel solar * TP056 * Sensor de humedad del suelo capacitivo * Baterías 18650 lithium-ion * Wemos D1 Mini Pro y microSD card reader y un DS1307 Real Time Clock | * Monitoreo de la humedad del suelo * Transmisión de Datos * Registro de Datos * Comparación de Sensores * Evaluación de Alcance de Transmisión * Automatización y programación de Riego |
| [4] | Sistema de riego inteligente en un cultivo | - ESP8266 WIFI module  - pH sensor  - Sensor de temperatura  - Sensor de humedad de suelo  - Water flow sensor | - Monitoreo de humedad de suelo  - Monitoreo de temperatura   * Registro de Datos   - Visualización de Datos en una página web |
| [5] | Sistema de riego y monitoreo del suelo utilizando NodeMcu ESP8266 para el cultivo de taro ñame. | * Sensores de temperatura y humedad * Sensor de humedad de suelo capacitivo   - Sensor DHT 11  - Sensor de caudal de agua  - Bomba de agua  - Soild state relay  - Node Mcu v3 | - Monitoreo de humedad de suelo  - Monitoreo de temperatura   * Registro de Datos   - Visualización de Datos en una aplicación móvil  - Automatización de riego de plantas |
| [6] | Sistema de riego remoto y monitoreo en un cultivo. | - Soil moisture sensor  - DHT 11  - Raindrop sensor  - 4-channel relay  - NodeMCU ESP8266  - Contactor  - Bomba de agua | - Riego remoto de plantas  - Monitoreo de humedad de suelo  - Monitoreo de temperatura  - Registro de Datos  - Visualización de Datos en una aplicación móvil |
| [7] | Sistema de riego automático remoto y monitoreo en los cultivos de India. | - DHT11 Temperature Humidity Sensor  - Resistive soil Moisture Sensor (FC-28)  - Bomba de agua  - ESP- 32 | - Automatización de riego de plantas  - Monitoreo de humedad de suelo  - Monitoreo de temperatura   * Registro de Datos * Visualización de Datos en una aplicación móvil |
| [8] | Sistema de monitoreo de temperatura y humedad de suelo para el cultivo y mantenimiento de huertos de cebolla en Merauke Regency. | - Sensor de humedad de suelo v2.0 - Sensor DHT 11  - NodeMCU ESP8266  - Bomba de agua  - Greehouse cooling  - Dual rely Arduino | * Monitoreo de humedad de suelo   - Monitoreo de temperatura   * Transmisión de Datos * Registro de Datos   - Visualización de Datos en un dashboard en una aplicación móvil |

# **3. Aporte**

La solución propuesta en este trabajo es el desarrollo de un sistema de monitoreo de huertos basado en tecnología IoT. Este sistema recopila datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales, proporcionando información valiosa que permite a los cultivadores tomar decisiones informadas. El sistema está diseñado para aumentar la eficiencia en el cuidado de las orquídeas peruanas, utilizando los recursos disponibles de manera más efectiva.

Mediante un monitoreo continuo y alertas sobre cualquier desviación de las condiciones óptimas, el sistema ayuda a los cultivadores a mantener un ambiente ideal para el crecimiento de las orquídeas. Esto no solo asegura una mayor calidad del producto, sino que también mejora la rentabilidad del cultivo. En resumen, la implementación de esta tecnología promete optimizar el cuidado de las orquídeas peruanas, garantizando su desarrollo saludable y maximizando su valor comercial.

# **4. Sistema/Aplicativo/Herramienta/Plataforma**

## 4.1 Componentes: 4.1.1. ESP8266

El ESP8266 es un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento fabricado por Espressif Systems. Es conocido por su capacidad de conectividad Wi-Fi, que lo hace ideal para aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT). El ESP8266 se basa en una arquitectura Tensilica Xtensa LX106 y proporciona una velocidad de reloj de hasta 80 MHz.

**Características principales:**

* Procesador Tensilica Xtensa 32 bits LX106 hasta 80 MHz.
* Wi-Fi: 802.11 b/g/n (802.11n @ 2.4 GHz hasta 72.2 Mbit/s).
* ROM: 64 KiB.
* SRAM: 96 KiB.
* Flash: hasta 4 MB
* Voltaje de trabajo: 3.3VDC.
* Energía y datos vía conector micro USB.

**Conectividad:**

* Seguridad tipo IEEE 802.11, WPA/WPA2.
* Modos de operación: Cliente, Punto de acceso, Cliente + Punto de acceso.

**Entradas/Salidas:**

* GPIO: hasta 17 pines
* ADC: 1 canal de 10 bits.
* SPI, I2C, UART, PWM.

### 4.1.2 Sensor de humedad de suelo

El sensor de humedad de suelo es un dispositivo que mide el contenido de agua en el suelo. Es muy utilizado en aplicaciones de agricultura inteligente, jardines automáticos y sistemas de riego controlados.

**Características físicas:**

* Dimensiones: 60 mm x 20 mm (aproximado).
* Peso: 10 gramos (aproximado).
* Pin 1: Alimentación 3.3V – 5V DC.
* Pin 2: GND (Tierra).
* Pin 3: Salida analógica.
* Pin 4: Salida digital

**Parámetros de medición:**

* Rango de humedad: 0% (seco) a 100% (mojado).
* Precisión: varía según el modelo.

**Tipo de señal:**

* Señal analógica: voltaje proporcional a la humedad medida.
* Señal digital: alto (1) si el suelo está húmedo, bajo (0) si el suelo está seco (en modelos con salida digital).

### 4.1.3 Módulo Relé de 1 canal

El módulo relé de 1 canal permite controlar dispositivos eléctricos de alta potencia utilizando una señal de baja potencia proveniente de un microcontrolador. Es ideal para aplicaciones de automatización del hogar y control de dispositivos a distancia.

**Características físicas:**

* Módulo de relé: 5V.
* Dimensiones: 50 mm x 26 mm x 18.5 mm (aproximadas).
* Peso: 20 gramos

**Parámetros eléctricos:**

* Voltaje de operación: 5V DC.
* Corriente de operación: 70 mA.
* Voltaje de carga máxima (AC): 250V 10A.
* Voltaje de carga máxima (DC): 30V 10A.

**Conexiones:**

* VCC: Voltaje de alimentación.
* GND: Tierra.
* IN: Señal de control.
* NO (Normally Open)
* COM (Common): Común.
* NC (Normally Closed):

### 4.1.4 Pantalla LCD 1602 con I2C

La pantalla LCD 1602 con I2C es una pantalla de cristal líquido que muestra hasta 16 caracteres en dos líneas. La interfaz I2C reduce la cantidad de pines necesarios para la conexión, haciendo la integración más sencilla.

**Características físicas:**

* Dimensiones: 80 mm x 36 mm x 12 mm (aproximadas).
* Peso: 50 gramos.

**Parámetros de operación:**

* Voltaje de operación: 5V DC.
* Consumo de corriente: 2 mA (sin retroiluminación), 60 mA (con retroiluminación).
* Dirección I2C: 0x27 (predeterminada).

**Conexiones:**

* VCC: Voltaje de alimentación.
* GND: Tierra.
* SDA: Línea de datos I2C.
* SCL: Línea de reloj I2C.

**Características de la pantalla:**

* Retroiluminación: LED para mejorar la visibilidad.
* Tipo de pantalla: LCD de matriz de puntos.
* Tamaño: 16 caracteres x 2 líneas.

### 4.1.5 Mini bomba de agua

La mini bomba de agua es un dispositivo pequeño y eficiente utilizado para mover líquidos en diversas aplicaciones como sistemas de riego, acuarios y fuentes de agua.

**Características físicas:**

* Dimensiones: 45 mm x 24 mm x 30 mm (aproximadas).
* Peso: 30 gramos

**Parámetros eléctricos:**

* Voltaje de operación: 3V – 6V DC.
* Corriente de operación: 130 mA – 220 mA.
* Potencia: 0.4W – 1.5W.

**Parámetros de operación:**

* Flujo de agua: 80 – 120 L/H.
* Altura de elevación: 40 – 110 cm.
* Diámetro de entrada/salida: 5 mm

**Tipo de señal:**

* La bomba se controla mediante la alimentación de voltaje, sin señal de control adicional.

### 4.1.6 Sensor DTH11

El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad que 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. Es un sensor de bajo costo y fácil de usar, que proporciona mediciones de humedad relativa y temperatura con una precisión moderada.

**Características físicas:**

* Dimensiones: 23 mm x 12 mm x 5 mm
* Peso: 1 gramo
* Pin 1-Alimentación 3.5 a 5.5V DC
* Pin 2-Datos
* Pin 3-NC
* Pin 4-GND (Tierra)

**Parámetros eléctricos:**

* Corriente de operación: 2.5 mA (máximo) Parámetros de medición

**Parámetros de operación:**

* Rango de medición de temperatura: 0°C a 50°C
* Precisión de la medición de temperatura: ± 2°C
* Rango de medición de humedad: 20% a 90% HR
* Precisión de la medición de humedad: ±5% HR Tipo de señal

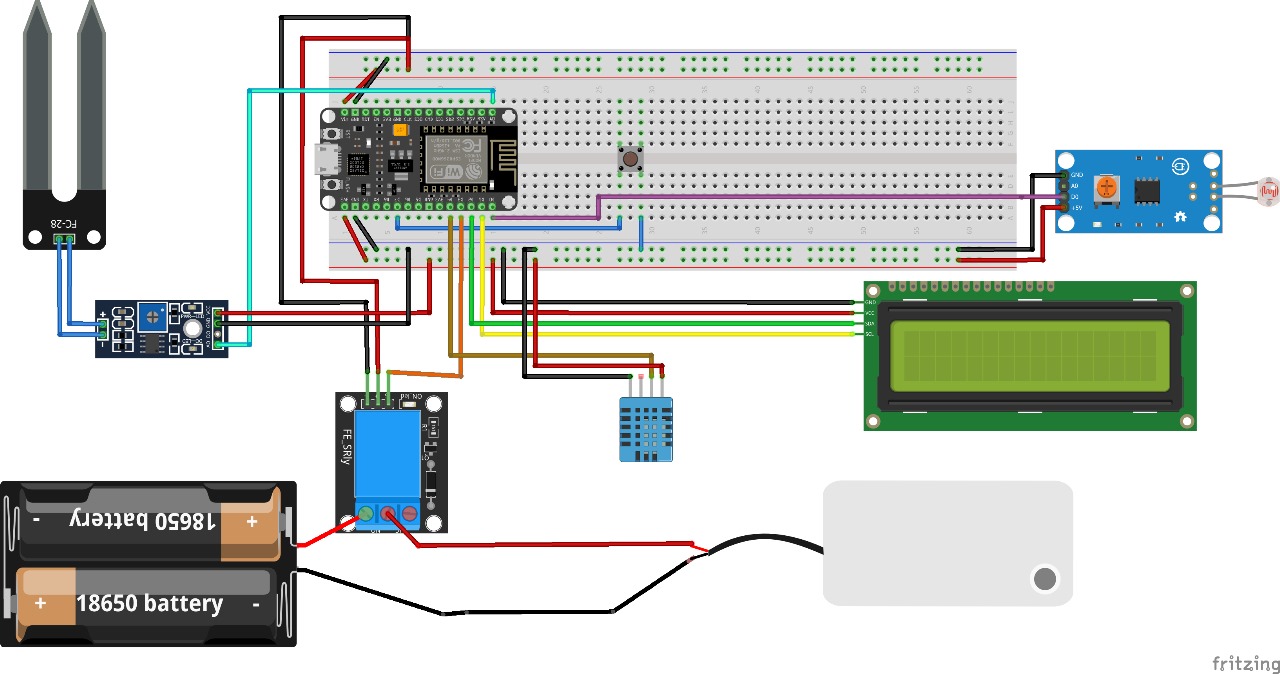
## 4.2 Implementación:

El sistema de monitoreo de huertos para orquídeas se ha desarrollado utilizando una combinación de componentes electrónicos cuidadosamente seleccionados y configurados. El núcleo del sistema es el microcontrolador ESP8266, conocido por su capacidad de conectividad Wi-Fi y su eficiencia energética. Este microcontrolador actúa como el cerebro del sistema, coordinando la recopilación de datos de diversos sensores y gestionando la comunicación con la aplicación móvil Blynk.

Conexión y Configuración de los Componentes

Los componentes principales del sistema incluyen un sensor de humedad del suelo, un sensor de temperatura y humedad ambiental DHT11, una pantalla LCD 1602 con interfaz I2C, una mini bomba de agua y un sensor de luz LDR. Estos componentes están interconectados en una placa de pruebas (protoboard), siguiendo un esquema de conexión diseñado para asegurar conexiones claras y efectivas. Se utilizaron cables de colores diferentes para facilitar la identificación y evitar errores en el cableado.

El sensor de humedad del suelo mide el contenido de agua en el sustrato, enviando una señal analógica al ESP8266. El sensor DHT11 proporciona datos sobre la temperatura y la humedad del ambiente, mientras que el sensor de luz LDR evalúa la intensidad de la luz que recibe la planta. La pantalla LCD muestra estos datos en tiempo real, proporcionando una interfaz local para el monitoreo instantáneo.

Figura 1. Elaboración del diseño base

### 4.2.1 Integración con Blynk

Para el monitoreo remoto y el control del sistema, se utiliza la aplicación móvil Blynk. Esta plataforma permite visualizar los datos de los sensores en un dashboard personalizable, facilitando el acceso a la información desde cualquier lugar con conexión a Internet. La aplicación Blynk también permite el control manual de la mini bomba de agua mediante un botón virtual, ofreciendo a los usuarios la posibilidad de intervenir en el riego de las plantas cuando sea necesario.

Además de la visualización de datos, se configuraron alertas automáticas en la aplicación móvil para notificar al usuario cuando las condiciones de temperatura, humedad o luz se desvían de los rangos óptimos establecidos. Estas alertas permiten una intervención rápida y efectiva, asegurando que las plantas se mantengan en condiciones ideales para su crecimiento.

### 4.2.2 Pruebas y Ajustes

Antes de la implementación final, se realizaron pruebas exhaustivas para asegurar la fiabilidad y precisión de los sensores y el control de la bomba de agua. Se llevaron a cabo ajustes en el código fuente cargado en el ESP8266 para optimizar la frecuencia de muestreo y los umbrales de activación de la bomba de agua y las alertas. Estas pruebas incluyeron la simulación de diversas condiciones ambientales para evaluar la respuesta del sistema y garantizar su robustez y efectividad en condiciones reales.

# **5. Validación**

Para validar el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo de huertos basado en IoT, se realizaron pruebas exhaustivas y se documentaron los resultados mediante capturas de pantalla de la aplicación móvil Blynk. Estas pruebas demuestran que el sistema puede recopilar, procesar y mostrar datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales de las orquídeas, así como activar dispositivos de control como la bomba de agua.

## 5.1 Visualización del aplicativo móvil

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Figura 2. Interfaz del aplicativo móvil

Gráfico, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamente

Figura 3. Gráfica de parámetros en tiempo

Las imágenes adjuntas muestran la interfaz de la aplicación móvil utilizada para el monitoreo del sistema. En la primera captura de pantalla, se puede observar el dashboard principal de la aplicación, donde se visualizan los parámetros críticos: humedad del suelo, humedad ambiental, temperatura y estado de la luz directa. Cada parámetro se muestra de manera clara y precisa, permitiendo al usuario tener una visión completa del estado de las plantas en cualquier momento.

La segunda imagen presenta una gráfica de las estadísticas de los parámetros monitoreados a lo largo del tiempo. Esta funcionalidad permite a los usuarios analizar tendencias y patrones en las condiciones ambientales, facilitando la toma de decisiones informadas sobre el cuidado de las orquídeas. La gráfica muestra cómo los valores de temperatura, humedad y luz varían, lo que es esencial para ajustar el entorno y asegurar el crecimiento óptimo de las plantas.

## 5.2 Control Remoto y Alertas

Además de la visualización de datos, el sistema permite el control remoto de la bomba de agua, como se puede ver en el botón de encendido en el dashboard. Este control manual complementa las funciones automáticas del sistema, permitiendo intervenciones adicionales cuando sea necesario.

Las alertas configuradas en la aplicación notifican al usuario cuando las condiciones se desvían de los rangos establecidos, como niveles de humedad o temperatura fuera de los valores óptimos. Estas alertas aseguran una respuesta rápida y efectiva, ayudando a mantener las plantas en las mejores condiciones posibles.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

## 5.3 Pruebas de Fiabilidad

Durante las pruebas, se verificó la precisión y fiabilidad de cada sensor, así como la efectividad del control de la bomba de agua. Los datos mostrados en las capturas de pantalla confirman que el sistema está funcionando correctamente y que puede proporcionar un monitoreo continuo y preciso. Además, se ajustaron los umbrales y la frecuencia de muestreo para optimizar el rendimiento del sistema.

Imagen de la pantalla de un video juego

Descripción generada automáticamente con confianza bajaImagen que contiene computadora, tabla, escritorio

Descripción generada automáticamente

# **6. Conclusiones**

El desarrollo y la implementación de este sistema de monitoreo de huertos especializado en orquídeas han demostrado ser una solución efectiva para optimizar el cuidado de estas plantas delicadas. No obstante, el sistema es altamente configurable y puede adaptarse para cualquier otro tipo de plantas que requieran cuidados específicos en términos de humedad del suelo, humedad ambiental, intensidad de luz y riego automático. Esta flexibilidad permite aumentar la efectividad y eficiencia de diversas tierras de cultivo en general.

Los datos obtenidos de los diferentes sensores se recopilan y visualizan de manera integral en un dashboard interactivo, lo que proporciona a los usuarios una visión completa y detallada del estado de las plantas en tiempo real. Esta capacidad de monitoreo continuo facilita la toma de decisiones informadas y precisas, optimizando así el cuidado de las plantas.

Adicionalmente, el sistema de alertas integrado juega un papel crucial al notificar a los agricultores sobre cualquier desviación de los parámetros óptimos establecidos. Estas alertas permiten una reacción oportuna ante incidentes que puedan afectar las condiciones de las plantas, asegurando que se mantengan en un entorno ideal para su crecimiento. Esto no solo mejora la salud y la productividad de las plantas, sino que también contribuye a la sostenibilidad y eficiencia del cultivo.

# Referencias

[1] R. Nurhasanah, L. Savina, Z. M. Nata, y I. Zulkhair, «Design and Implementation of IoT based Automated Tomato Watering System Using ESP8266», presentado en Journal of Physics: Conference Series, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1898/1/012041.

[2] P. Barapatre y J. N. Patel, «Development of Internet of Things (IoT) based smart irrigation system for sugarcane crop», *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, n.o 9 Special Issue, pp. 650-654, 2019, doi: 10.35940/ijitee.I1104.0789S19.

[3] M. Q. Aringo, C. G. Martinez, O. G. Martinez, y V. B. Ella, «Development of Low-cost Soil Moisture Monitoring System for Efficient Irrigation Water Management of Upland Crops», presentado en IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022. doi: 10.1088/1755-1315/1038/1/012029.

[4] D. K. Widyawati y A. Ambarwari, «Fuzzy Logic Design to Control the Duration of Irrigation Time in the Greenhouse», presentado en IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/1012/1/012086.

[5] A. A. Rahim, R. Mohamad, N. I. Shuhaimi, y W. C. Buclatin, «Real-time soil monitoring and irrigation system for taro yam cultivation», *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 32, n.o 2, pp. 1042-1049, 2023, doi: 10.11591/ijeecs.v32.i2.pp1042-1049.

[6] M. D. Dwivedi, S. Kalra, J. Dubey, C. Kumar, N. Singh, y V. K. Gautam, «Smart Farming: Monitoring of Field Status and Control of Irrigation Using Sensors and Esp8266 Nodemcu Module», presentado en Journal of Physics: Conference Series, 2023. doi: 10.1088/1742-6596/2570/1/012035.

[7] A. Kumar, P. Ranjan, y V. Saini, «Smart irrigation system using IoT», *Advanced Series in Management*, vol. 27, pp. 123-139, 2022, doi: 10.1108/S1877-636120220000027009.

[8] I. H. Wayangkau, Y. Mekiuw, R. Rachmat, S. Suwarjono, y H. Hariyanto, «Utilization of IoT for soil moisture and temperature monitoring system for onion growth», *Emerging Science Journal*, vol. 4, n.o Special Issue, pp. 102-115, 2020, doi: 10.28991/ESJ-2021-SP1-07.