

ARTÍCULO ORIGINAL



# Monitoreo de parámetros ambientales en casas de cultivo a través de aplicación IoT

*Monitoring environmental parameters  
in greenhouses through IoT application*



*Iván Santana Ching*

*ching@uclv.edu.cu* • <https://orcid.org/0000-0001-5089-520X>

*Arturo Javier Cárdenas Rivero*

*acrivero@uclv.cu* • <https://orcid.org/0000-0001-7212-5177>

*Richar Sosa López*

*rslopez@uclv.edu.cu* • <https://orcid.org/0000-0003-3995-9895>

*Jorge Armando Portal Díaz*

*jportal@uclv.cu* • <https://orcid.org/0000-0003-1360-4930>

UNIVERSIDAD CENTRAL MARTA ABREU DE LAS VILLAS, CUBA

Recibido: 2019-12-16 • Aceptado: 2020-03-23

## RESUMEN

En las casas de cultivo de la Unidad Empresarial de Base (UEB) de Cultivos Protegidos “Valle del Yabú” se implementó un sistema automatizado de riego el cual permitió mejorar los resultados productivos. Sin embargo, el sistema carecía del monitoreo y supervisión de variables ambientales como la humedad del suelo, la humedad del aire, la temperatura y la incidencia de la luz solar, para una adecuada toma de decisiones. Se diseñó una aplicación de Internet de las cosas para garantizar la visualización local y/o remota de la información, el chequeo de valores históricos, el establecimiento de alarmas bajo determinadas condiciones, así como la administración de usuarios. La selección de la plataforma de Internet de las cosas, así como las herramientas de almacenamiento y comunicación más adecuadas, permitieron asegurar una aplicación adecuada para la supervisión de las casas de cultivo. La plataforma de Internet de las cosas *ThingsBoard* cumplió satisfactoriamente todos los requisitos necesarios para su correcto funcionamiento en aplicaciones industriales, entre ellas, las de agricultura de precisión. La aplicación propuesta asegura el monitoreo y almacenamiento de variables ambientales, lo que fa-



vorece una toma de decisiones adecuada. Por otra parte, los datos históricos almacenados propician el desarrollo de modelos de procesos como el riego y las fases de crecimiento, desarrollo y producción de las plantas utilizando técnicas de Inteligencia artificial.

**PALABRAS CLAVE:** agricultura de precisión; casas de cultivo; internet de las cosas; redes de sensores inalámbricos.

## ABSTRACT

*In the greenhouses of the UEB of Protected Crops “Valle del Yabú” an automated irrigation system was implemented which allowed to improve the productive results. However, the system lacked the monitoring and supervision of environmental variables such as soil moisture, air humidity, temperature and the incidence of sunlight for proper decision-making. An Internet of Things application was designed to guarantee the local and / or remote display of information, the checking of historical values, the setting of alarms under certain conditions, as well as the administration of users. The selection of the Internet of Things platform, as well as the most appropriate storage and communication tools, made it possible to ensure a suitable application for the supervision of the greenhouses. The ThingsBoard platform satisfactorily fulfilled all the necessary requirements for its correct operation in industrial applications, including precision agriculture. The proposed application ensures the monitoring and storage of environmental variables, which favors adequate decision making. On the other hand, the stored historical data favors the development of process models such as irrigation and the growth, development and production phases of plants using Artificial Intelligence techniques.*

**KEYWORDS:** precision agriculture; greenhouses; internet of things; wireless sensor networks.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo científico y tecnológico, unido a los avances en las esferas de la electrónica y las comunicaciones, ha permitido que el hombre sea capaz de comunicarse remotamente con personas u objetos presentes en ramas de la economía y la sociedad. Uno de los conceptos modernos del Internet, es el denominado Internet de las cosas o *Internet of Things* (IoT), que permite el monitoreo y control de prácticamente todo lo que tenga capacidad de conectarse a

una Red (Hernández, Mazon & Campoverde, 2015). Con la aplicación de nuevas tecnologías en la agricultura convencional, ha surgido el concepto de Agricultura de precisión (AP), donde el usuario puede acceder a parámetros relacionados con su finca y controlarlos de manera manual o automática (Mohd, Harun & Mat, 2017). De esta manera, se contribuye a combatir las enfermedades epidémicas mediante la aplicación adecuada de la cantidad y tipo de fertilizantes o plaguicidas, optimiza el consumo de recursos, y potencia el sector agrícola al generar productos más saludables.

La agricultura moderna se enfrenta a grandes desafíos relacionados con la construcción de un futuro sostenible, dificultado con el aumento poblacional, la urbanización, la contaminación ambiental, los cambios en los gustos alimentarios, la migración, y el cambio climático. Una agricultura moderna debe utilizar las tecnologías y herramientas derivadas de las investigaciones y adelantos científicos. Hay una amplia gama de aplicaciones posibles: gestión de maquinarias, vigilancia del ganado, piscicultura, cuidado forestal, cultivos urbanos, entre otras. Todas las tecnologías implicadas giran en torno al concepto del IoT y ayudan a los agricultores a través de sistemas de apoyo a la toma de decisiones (Cirani & Ferrari, 2019).

En (Cadavid *et al.*, 2018) se realiza una extensión de la plataforma de IoT de código abierto *ThingsBoard* para la detección de enfermedades que afectan a los cultivos. Para el almacenamiento de la información que maneja la plataforma, se emplea la base de datos *NoSQL Apache Cassandra*. Los datos se transmiten según el protocolo de comunicación MQTT que presenta un patrón de mensajes publicador-suscriptor. La plataforma de IoT revisa los mensajes recibidos, evalúa las reglas definidas por el usuario para la detección de una probabilidad de enfermedad y dispara las acciones asociadas a cada regla.

En (Quiñones *et al.*, 2017), se diseñó un sistema de monitoreo de variables medioambientales. Los nodos están formados por módulos de sensores, procesamiento y comunicación. Para el procesamiento se usan placas Arduino Uno a la que se acoplan los sensores. Para la comunicación se propone el uso de *WiFi* (2.4 GHz) en ambientes urbanos y *DigiMesh* (900MHz) para el intercambio de información a grandes distancias. El abastecimiento de energía está conformado por paneles solares de 5.2 W, baterías *LiPo* de 3.7V y 6600mAh y cargadores solares de 450mA. El prototipo diseñado se evaluó en tres plataformas de IoT: *Ubidots*, *Phant* y *ThingSpeak*.

El sistema de monitoreo para variables agronómicas basado en una red de sensores inalámbricos presentado en (Caicedo *et al.*, 2018) emplea *Zolertias Z1* como nodos sensores y *gateway*. Estos dispositivos implementan el sistema operativo de código abierto *Contiki*, diseñado para sistemas de baja capacidad de procesamiento y consumo energético. Se emplea el Protocolo de Ruteo para Redes de bajo consumo (RPL), que tiene en cuenta la eficiencia energética, se adapta a TCP/IP y facilita la implementación de sensores independientemente la posición de los nodos. Los nodos se colocaron equidistantes unos de otros, para lograr homogeneidad en la comunicación. Los datos se almacenan en un servidor *MySQL*, que emplea PHP para proveer una interfaz gráfica. La aplicación *Web* tiene control de acceso y visualiza los datos de temperatura y la humedad del suelo.

En el Simposio de la IEEE sobre Informática y Comunicaciones desarrollado en el 2017 se dió a conocer una propuesta ligera y segura para comunicaciones industriales. El protocolo de mensajería MQTT es descrito como un protocolo asincrónico y cuenta con un servicio de calidad o *Quality of Service* (QoS) de tres niveles. Los nodos (*motes*) están conformados por dispositivos *Zolertia Z1*, que funcionan con el sistema operativo *Contiki*, especialmente diseñado para aplicaciones IoT. Un enrutador de frontera (*border router*) permite la interconexión entre redes 6LoWPAN/IEEE 802.15.4 con redes locales IPv6. El enrutador de frontera es instalado en una *Raspberry* y el bróker MQTT *Mosquitto* es seleccionado en la Red de Sensores Inalámbricos o *Wireless Sensor Network* (WSN) propuesta (Katsikeas *et al.*, 2017).

Las soluciones anteriores se toman como base para el diseño de la aplicación IoT que se expone en este artículo, la cual posee mayores potencialidades relacionadas con la instalación y ejecución de una plataforma de IoT en una computadora de placa reducida como la *Raspberry Pi*, que no necesita una conexión a Internet para funcionar como servidor local donde se almacenan y visualizan los datos.

## METODOLOGÍA

Las plataformas de IoT ofrecen una solución completa en cuanto a los servicios de control de dispositivos y de recolección, procesamiento y visualización de los datos. Generalmente residen en la Nube, aunque pueden implementarse en servidores locales, especialmente en áreas remotas de difícil conectividad. Son conocidas como el *middleware* de Internet de las cosas y actúan como mediador entre la capa de *hardware* y la capa de aplicación. Las plataformas de *middleware* IoT pretenden simplificar la lectura de datos de todo tipo de fuentes (dispositivos físicos, entrada humana, datos en línea, etc.) y proporcionan funcionalidades básicas para filtrar, analizar, crear eventos y visualizar la información recibida (Prakash *et al.*, 2016). Para seleccionar la plataforma de IoT que se va a utilizar en la aplicación, se toma como referencia el artículo (Li, 2018) donde se exponen las características principales que debe cumplir el *middleware* IoT cuando se va a desplegar en un escenario industrial. Una comparación entre plataformas de IoT (tabla 1) debe abarcar los aspectos que se describen a continuación:

- **Acceso y gestión de dispositivos:** la plataforma debe soportar varios protocolos de acceso y proporcionar gestión del estado del dispositivo.
- **Transmisión de datos en la capa de aplicación:** soporte para los protocolos de capa de aplicación HTTP, MQTT, *WebSocket*, *Modbus*, OPC-UA, CoAP y AMPP.
- **Almacenamiento de datos y procesamiento inteligente:** el almacenamiento puede ser local, en la Nube o ambos. Funciones de procesamiento de eventos complejos, eventos basados en reglas y capacidades de *machine learning*.
- **Proporcionar la interfaz API y las capacidades de soporte de aplicación:** las plataformas proporcionan aplicaciones a través de interfaces *RESTful*.
- **Modo de implementación:** capacidad para implementar *gateways* y/o aplicaciones IoT.

- **Seguridad:** encriptación de datos, transmisión segura, autenticación de identidad y mecanismos de control de acceso para satisfacer las necesidades de las aplicaciones IoT.
- **Actividades de desarrollo:** utilización y soporte a nivel mundial de una plataforma de IoT basado en los tópicos de foros y sitios web especializados.
- **Tipo de software:** las plataformas pueden ser total o parcialmente gratuitas (*software libre*), de pago y de código abierto o privado.

Tabla 1. Comparación de diferentes plataformas de IoT de código abierto basada en (Li, 2018).

Plataforma IoT	Iotivity	Openlot	Thinger.io	ThingsBoard	ThingSpeak	Macchina.io	WSO2IoT	SiteWhere	Kaa	Alljoyn
Características										
Dispositivos heterogéneos	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Manejo de Dispositivos	✓	X	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓
Transferencia de Capa de Aplicación	✓	X	/	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Almacenamiento de datos	Nube	Nube	Nube	✓	Nube	✓	✓	✓	✓	✓
Procesamiento inteligente	X	✓	/	✓	✓	X	✓	✓	✓	X
Interfaz RESTful	✓	X	✓	RPC	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Modo de implementación	✓	AP	✓	✓	AP	GW	✓	AP	✓	✓
Seguridad	✓	✓	/	✓	/	✓	✓	✓	/	✓
Actividades de desarrollo	Excelente	Buena	Buena	Excelente	Grande	Buena	Excelente	Buena	Buena	Excelente
Tipo de software	Gratis	Gratis	Gratis	Gratis	Pago	Gratis	Gratis	Gratis	Pago	Pago

Leyenda: (AP): Plataforma de aplicación; (GW): Gateway; (RPC): Llamada a procedimiento remoto; (✓) Cumple todos los requisitos; (x): no cumple todos los requisitos; (/): desconocido.

El análisis de las características de cada plataforma de IoT (tabla 1), permitió descartar las plataformas *ThingSpeak*, *Kaa* y *Alljoyn* ya que, a pesar de ser de código abierto, la licencia debe ser pagada para su uso luego de vencido el período de prueba. De las plataformas restantes, solo *ThingsBoard*, *Macchina.io*, *WSO2IoT* y *SiteWhere* soportan almacenamiento local, requisito indispensable para el despliegue de la aplicación en zonas de difícil acceso y conectividad. La plataforma *Macchina.io* no se seleccionó producto de sus limitaciones en cuanto al manejo del estado de los dispositivos y procesamiento inteligente. La plataforma *SiteWhere* no incorpora capacidades de *gateway* y tiene menos soporte por parte de la comunidad de desarrolladores que *ThingsBoard* y *WSO2IoT*.

Las plataformas de IoT *ThingsBoard* y *WSO2IoT* soportan gestión de un gran número de dispositivos, permiten integraciones mediante REST API y soportan la visualización de datos con el empleo de herramientas propias. Sin embargo, las principales diferencias están en los protocolos de recolección de información, en los tipos de bases de datos que soportan y en las herramientas de análisis de datos que utilizan. *WSO2IoT* soporta los protocolos HTTP y MQTT, mientras que *ThingsBoard* soporta HTTP, MQTT, CoAP y OPC-UA. Las bases de datos que permite utilizar *ThingsBoard* son más variadas que las emplea-

das por *WSO2IoT*, que son del tipo SQL. *ThingsBoard* soporta la herramienta *Apache Spark* y el *plugin Kafka* para el análisis de datos en tiempo real, mientras que *WSO2IoT* incluye un servidor propio para este fin (Bitencourt & Pereira dos Anjos, 2018). La plataforma de IoT *ThingsBoard* cumple satisfactoriamente todos los requisitos necesarios para su correcto funcionamiento en aplicaciones industriales, es de *software* libre y tiene un excelente nivel de aceptación a escala mundial. Esta plataforma fue seleccionada para desarrollar la aplicación IoT.

La plataforma de IoT *ThingsBoard* tiene como características más destacadas: recolección de datos, múltiples huéspedes (empresas, universidades, etc.), visualización datos, escalabilidad horizontal, motor de regla IoT, tolerancia a fallos, administración de dispositivos, seguridad, administración de activos (edificios, casas de cultivo, etc.), personalización (*widgets*) e integración (MQTT, CoAP, HTTP), administración de alarmas, 100% de código abierto y soporte de bases de datos SQL, NoSQL e híbridas (ThingsBoard, 2019).

En la arquitectura de *hardware* de la aplicación IoT propuesta (figura 1), los nodos sensores (*moten*) están constituidos por dispositivos *Zolertia Z1* que disponen de un procesador MSP430F2617 de 16-bit a 16 MHz, 8 kB de memoria RAM, 92 kB de memoria *flash*, transceptor de radio CC2420 empotrado y comunicación IEEE 802.15.4 a 2.4GHz (Liñan, Bagula, & Pietrosevoli, 2016). En el enrutador de frontera se incorpora un *Zolertia Z1* configurado como *border router* el cual se conecta por comunicación serie (USB) a una *Raspberry Pi 3* Modelo B. La *Raspberry Pi 3* presenta un procesador ARM Cortex-A53 de 4 núcleos a 1.2GHz, conectividad *WiFi*, LAN y *Bluetooth*, 1GB de memoria RAM y conector para tarjetas SD (Raspberry Pi Foundation, 2016). Los sensores que se utilizan en la aplicación IoT son seleccionados por su bajo costo y por ofrecer calidad suficiente en sus mediciones dado el tipo de implementación, pues no se requiere una gran exactitud o precisión de las variables ambientales monitoreadas. Los sensores empleados son: sensor de temperatura y humedad relativa DHT22 (alimentación

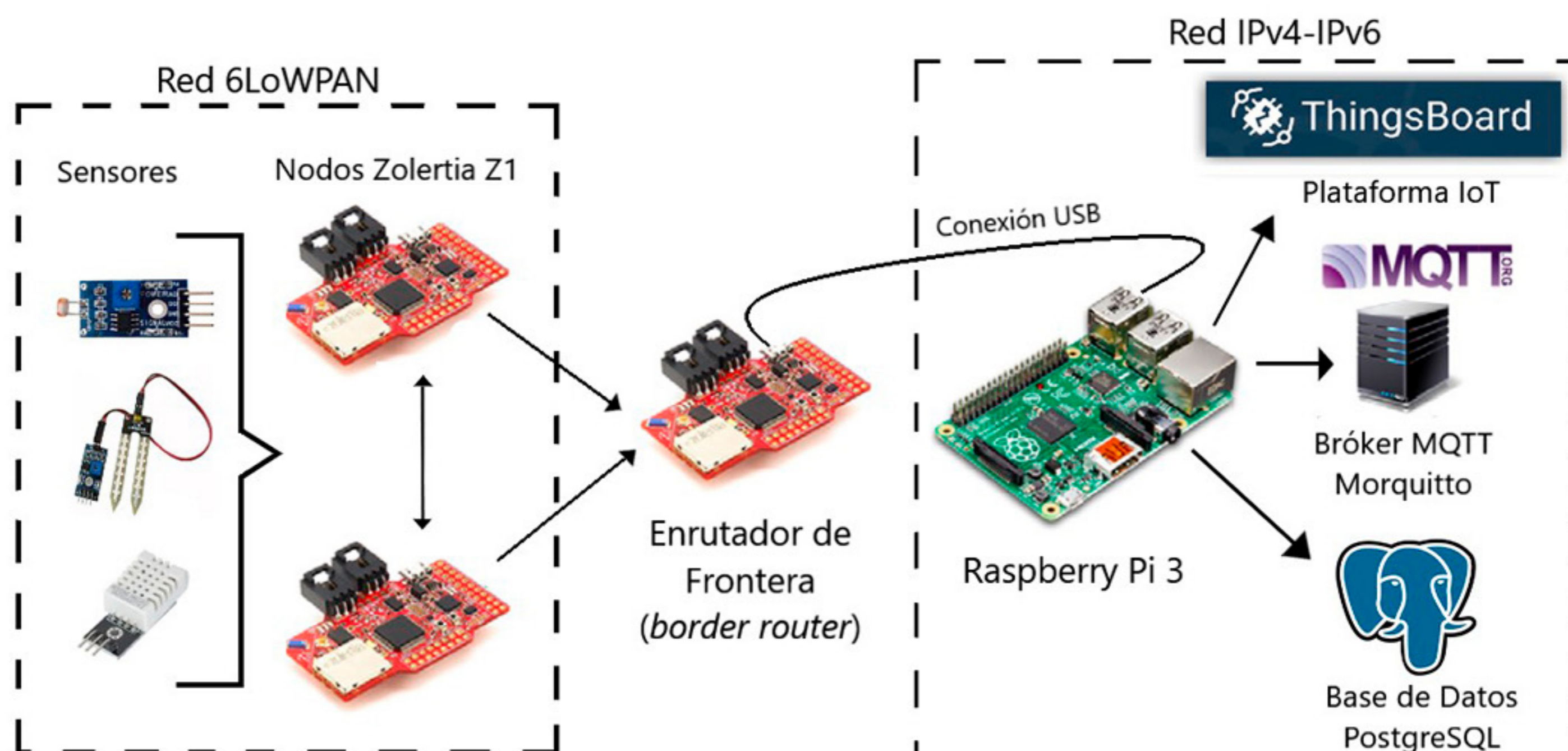


Figura 1. Arquitectura de la aplicación IoT diseñada.

de 3.3V a 6VDC, rango de operación de -40°C a 80 °C y 0 a 100% de humedad relativa), módulos YL69 y YL-38 del sensor de humedad del suelo (alimentación de 3.3V a 5VDC, salida 0a 4.2V) y el sensor fotosensible análogo-digital LM393 (alimentación de 3.3 a 5VDC, corriente de operación de 15 mA, salida analógica de 0 a 5V y salida digital de disparo de 0 a 5V).

En investigaciones previas del Grupo de Internet de las Cosas, Automatización e Inteligencia Artificial perteneciente a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, se diseñó la topología y la arquitectura de *software* de una WSN para el monitoreo de variables ambientales en casas de cultivos (Madruga, Estevez, Sosa, Santana & Garcia, 2019). La topología seleccionada fue en malla *ad-hoc*, pues estas no poseen infraestructura, son flexibles y todos los nodos ofrecen servicios de encaminamiento, o sea, todos los nodos además de realizar la función de nodos finales también son enrutadores. La pila de protocolos<sup>1</sup> utilizada implementa en la capa física el estándar de comunicación IEEE 802.15.4, la capa MAC se define con TSCH, la capa de red usa el protocolo 6LoWPAN y el protocolo de ruteo RPL y la capa de transporte implementa MQTT.

Como sistema operativo para los motes *Zolertia Z1* se empleó *Contiki*, de código abierto y especialmente diseñado para microcontroladores de bajo consumo y baja potencia. *Contiki* soporta los estándares IPv6 e IPv4 y los estándares inalámbricos de baja potencia: 6LoWPAN, RPL, CoAP, MQTT. Las aplicaciones *Contiki* fueron escritas en lenguaje C y fueron simuladas con el simulador *Cooja Contiki* antes de grabarlas en el *hardware*. El sistema operativo *Raspbian* se instaló en la *Raspberry Pi 3* Modelo B, pues contiene un conjunto de programas básicos y utilidades para comenzar a explotar las capacidades de esta computadora de placa reducida. *Raspbian* es un sistema operativo libre, basado en *Debian* (Linux), y presenta una amplia comunidad de desarrolladores (Raspbian, 2019). Además, en la *Raspberry Pi* se instala la plataforma de IoT *ThingsBoard*, que incluye la base de datos *PostgreSQL* para el almacenamiento de la información, y proporciona el *gateway* IoT. Este último cuenta con una extensión MQTT que permite el control, configuración y obtención de datos de los dispositivos a través del bróker *Mosquitto*. El gestor de bases de datos *phpPgAdmin* facilita el acceso a la información almacenada y posibilita que los datos sean exportados en una variedad de formatos para un futuro uso por otros *softwares*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez desarrollada la aplicación IoT, queda constituido un sistema automático de monitoreo y supervisión de parámetros básicos en las casas de cultivo como son humedad, temperatura, intensidad de la luz solar y humedad del suelo, lo que permite una correcta toma de decisiones que posibiliten mejorar la calidad de la producción. Los valores de telemetría enviados por los sensores se almacenan en la base de datos con el objetivo de evaluar el desempeño de las

---

<sup>1</sup> Conjunto o familias de protocolos de redes de computadoras que se organizan en diferentes capas.

variables con el paso del tiempo y poder establecer modelos predictivos sobre el crecimiento de un cultivo o la productividad del mismo bajo determinadas condiciones. La visualización de los datos se realiza en una interfaz gráfica amigable y de fácil manejo.

Como funcionalidad extra, se podría considerar la creación de alarmas para cada variable en caso de que sobrepasen determinados límites, así como configurar las acciones que se deben realizar en estos casos según los especialistas. Aunque la plataforma se ejecuta en un servidor local (*Raspberry Pi*), debido a las limitaciones de conexión de los escenarios donde se desplegará el sistema, no se elimina la opción de recurrir al modo online para transmitir la información a largas distancias como puede ser la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, la oficina de los encargados de la producción, o incluso otro país.

En la figura 2 se muestra la interfaz de la aplicación IoT. Los datos mostrados se obtienen a partir de la simulación de uno de los nodos sensores, que transmite los valores de temperatura, humedad del suelo, humedad relativa e iluminación, mostrando el correcto funcionamiento del sistema.



Figura 2. Panel de visualización de los datos de un nodo en la plataforma *ThingsBoard*.

## CONCLUSIONES

La propuesta de aplicación IoT implementada en *ThingsBoard* asegura la supervisión de variables de interés en las casas de cultivo de la UEB de Cultivos Protegidos “Valle del Yabú” lo que permitirá una correcta toma de decisiones. La aplicación IoT fue implantada en una *Raspberry Pi* lo que brinda una flexibilidad adicional al sistema diseñado, pues se puede acceder a los datos históricos sin necesidad de acceso a los servidores. También flexibiliza la toma de decisiones de los expertos a través de una interfaz amigable para diferentes tipos de usuarios.



## REFERENCIAS

- Bitencourt, E. N., & Pereira dos Anjos, W. (2018). IoT Centralization and Management Applying ThingsBoard Platform. En *Smart Services Research Unit*. Recuperado de Häme University of Applied Sciences - HAMK website: [https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2019/03/Project-Report\\_bitencourt\\_anjos.pdf](https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2019/03/Project-Report_bitencourt_anjos.pdf).
- Cadavid, H., Garzón, W., Pérez, A., López, G., Mendivelso, C., & Ramírez, C. (2018). Towards a Smart Farming Platform: From IoT-Based Crop Sensing to Data Analytics. *Colombian Conference on Computing*, 237-251. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-98998-3\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-98998-3_19).
- Caicedo Ortiz, J. G., De la Hoz Franco, E., Morales, R., Piñeres Espitia, G., Combata Niño, H., Estévez, F., & Cama Pinto, A. (2018). Monitoring system for agronomic variables based in WSN technology on cassava crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145 (January), 275-281. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.01.004>.
- Cirani, S., & Ferrari, G. (2019). Internet of Things. Architectures, Protocols and Standards. En *John Wiley & Sons Ltd*. Hoboken, USA.
- Hernández Rojas, L., Mazon Olivo, E., & Campoverde Marca, M. (2015). Cloud Computing para el Internet de las Cosas. Caso de estudio orientado a la Agricultura de Precisión. En *Memoria de Artículos del Primer Congreso de Ciencia y Tecnología UTMACH 2015*. (pp. 48-49). Machala, Ecuador: Primer Congreso de Ciencia y Tecnología UTMACH 2015.
- Katsikeas, S., Fysarakis, K., Miaoudakis, A., Bemten, A. Van, & Askoxylakis, I. (2017). 2017 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). *Lightweight & Secure Industrial IoT Communications via the MQ Telemetry Transport Protocol*. IEEE.
- Li, Y. (2018). An Integrated Platform for the Internet of Things Based on an Open Source Ecosystem. *Future Internet*, 10 (11), 11-15. <https://doi.org/10.3390/fi10110105>.
- Liñan, A., Bagula, A., & Pietrosevoli, E. (2016). Internet of Things in 5 days. En *Creative Commons*.
- Madruga Peláez, A., Estevez Pérez, A. A., López, R. S., Santana Ching, I., & García Algora, C. M. (2019). Red de Sensores Inalámbricos para la Adquisición de Datos en Casas de Cultivo. *Ingeniería*, 24(3). <https://doi.org/10.14483/23448393.14437>.
- Mohd Kassim, M. R., Harun, A. N., & Mat Yusoff, I. (2017). IoT in Precision Agriculture applications using Wireless Moisture Sensor Network. *ICOS 2016 - 2016 IEEE Conference on Open Systems*, 24-29. <https://doi.org/10.1109/ICOS.2016.7881983>.
- Prakash Jayaraman, P., Yavari, A., Georgakopoulos, D., Morshed, A., & Zaslavsky, A. (2016). Internet of Things Platform for Smart Farming : Experiences and Lessons Learnt. *Sensors*, 4-5. <https://doi.org/10.3390/s16111884>.
- Quiñones Cuenca, M., González Jaramillo, V., Torres, R., & Jumbo, M. (2017). Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas. *Enfoque UTE*, 329-343. Recuperado de <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>.
- Raspberry Pi Foundation. (2016). Raspberry Pi Hardware - Raspberry Pi Documentation. Re-

cuperado de <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/README.md>.

Raspbian. (2019). Raspbian OS. Recuperado de [www.raspbian.org](http://www.raspbian.org).

ThingsBoard. (2019). ThingsBoard IoT Open Source Plataform. Recuperado 1 de enero de 2019, de <https://thingsboard.io/>.

Copyright © 2020 Santana, I., Cárdenas, A.J., Sosa, R., Portal, J. A.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.