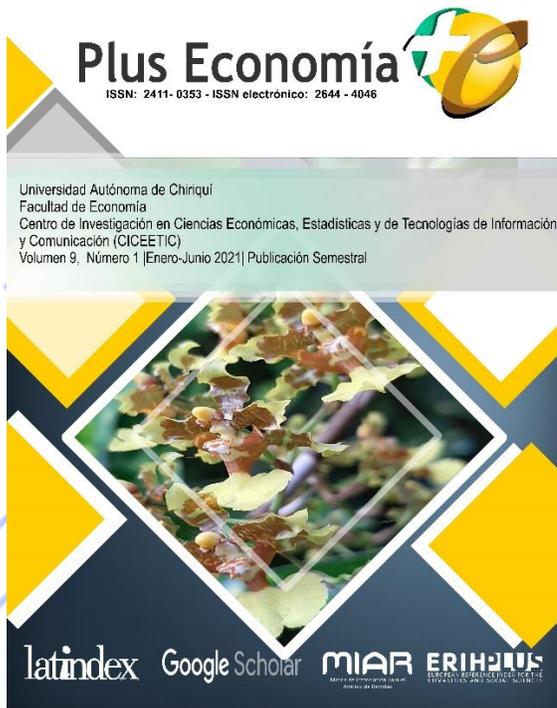




- › Revista Plus Economía
- › ISSN: 2411-0353
- › ISSN electrónico: 2644-4046
- › [pluseconomia@unachi.ac.pa](mailto:pluseconomia@unachi.ac.pa)
- › Centro de Investigación en Ciencias Económicas, Estadísticas y de Tecnologías de Información y Comunicación, CICEETIC
- › Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI)
- › República de Panamá



**Asael Espinosa, Daniel Ponte, Soizic Gibeaux y Carlos González**

## **Estudio de Sistemas IoT Aplicados a la Agricultura Inteligente**

**Vol. 9, Núm. 1, Enero- Junio de 2021**

**pp. 33-42**

**Vicerrectoría de Investigación y Postgrado  
Universidad Autónoma de Chiriquí,  
Panamá**



## + | ESTUDIO DE SISTEMAS IOT APLICADOS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

Asael Espinosa<sup>1</sup>, Daniel Ponte<sup>2</sup>, Soizic Gibeaux<sup>3</sup>, Carlos González<sup>4</sup> | Vicerrectoría de Investigación y Posgrados - Universidad Autónoma de Chiriquí | correos electrónicos: asael.espinosa@unachi.ac.pa<sup>1</sup>, daniel.ponte@unachi.ac.pa<sup>2</sup>, soizic.gibeaux@gmail.com<sup>3</sup>, carlos.gonzalez5@unachi.ac.pa<sup>4</sup>

**Recibido:** Octubre de 2020

**Aceptado:** Diciembre de 2020

### Resumen

La gestión agrícola es fundamental en países con escasez de producción de alimentos de primera calidad. Las consecuencias del calentamiento global y fenómenos naturales llevan a considerar la implementación de nuevas medidas aplicando tecnologías emergentes beneficiando la producción y el consumo de alimentos. Los estudios encaminados a optimizar la agricultura inteligente se han incrementado a lo largo de los últimos años. Los sensores comerciales para sistemas agrícolas son muy costosos, lo que hace imposible que los pequeños agricultores implementen este tipo de sistema. Debido a los recientes avances en tecnologías IoT se pueden aplicar desarrollos de sistemas automatizados adaptados a la necesidad del productor. En este artículo presentamos el estado del arte actual en cuanto a sistemas inteligentes, determinando los parámetros que se pueden monitorear. Además, la descripción general de los nodos y tecnologías inalámbricas de tipo IoT que puede ser implementadas. Por último, se presenta un framework utilizado como entorno de prueba para la implementación del sistema basados en sensores, tecnologías de comunicación y procesamiento de datos.

**Palabras clave:** Internet de las Cosas, agricultura de precisión, sensores, protocolos de comunicación



## Abstract

Agricultural management process is essential in countries with a shortage quality of production food. The consequences of climate change and natural phenomena lead to consider the implementation of new measures applying emerging technologies benefiting food production and consumption. Over recent years, several studies aimed to optimize the smart agriculture concept. Commercial sensors for agricultural systems are very expensive, making it impossible for small farmers to implement this type of system. Due to recent advances in IoT technologies, allow to adapt to the producer's needs including automated systems developments. In this article we present the current state of the art in terms of intelligent systems, determining the parameters that can be monitored. In addition, a general description of the nodes and wireless technologies of the IoT system are depicted. Finally, a framework is presented including a test environment for the implementation of the system based on sensors, communication technologies and data processing.

**Keywords:** Internet of Things, precision agriculture, sensors, communications protocols

### 1. Introducción

El uso de tecnologías en el proceso de optimización de la agricultura está ganando considerable atracción tanto a nivel nacional e internacional. Algunos de los grandes desafíos para los gobiernos actualmente es hacer frente al aumento de la población, los efectos del cambio climático y conservación del medio ambiente (Salam, 2020).

La necesidad de adaptación y de la posibilidad de mitigación en la agricultura impone la integración de nuevas tecnologías. Esta última permitirá elaborar estrategias de crecimiento para apoyar la seguridad alimentaria de las naciones en vías de desarrollo. La agricultura inteligente implica el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y, en particular, el Internet de las Cosas (IoT). Esta tecnología permite el monitoreo, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos



relacionados mediante la supervisión a través de internet de cultivos, así como las condiciones micro-climáticas, de suelo, de fertilización y de riego entre otras variables de estudio (Li, 2012).

En el presente artículo, el primer apartado presenta el concepto de Internet de las Cosas y su arquitectura. Posteriormente se mencionan algunas plataformas de Internet de las Cosas de código abierto (Open Source en inglés) que permiten gestionar e interpretar los datos recolectados, con el propósito de brindar dicha información al usuario final.

En el cuarto punto, se realizan dos comparaciones, la primera entre dos placas (*arduino* y *raspberry pi*), y la segunda entre las diferentes tecnologías de comunicación inalámbricas de los nodos. Como último punto se realiza una propuesta para la optimización de la agricultura a partir de cada uno de los puntos anteriormente presentados en el presente artículo.

## 2. Revisión literaria

### 2.1. Concepto del Internet de las Cosas

El Internet está evolucionando a un ritmo extremadamente rápido conectando millones de cosas en todo el mundo en los últimos años. Estos dispositivos tienen diferentes capacidades de procesamiento, tamaños y con soporte de poder con computacionales para diferentes tipos de aplicaciones (Khan et al., 2012). Por tal motivo es necesario unir lo convencional del internet con un internet que permita ser más inteligente, denominado el Internet de las cosas (IoT).

El IoT es una red de objetos físicos dedicados que contienen tecnología embebida para comunicarse, detectar o interactuar con sus estados internos o con el entorno externo. Cornejo-Velázquez et al. (2019) mencionan que la conexión de activos, procesos y personas permite la captura de datos y eventos a partir de los cuales se puede:

- a) aprender del comportamiento de personas y procesos, así como del uso de activos,
- b) reaccionar a través de acciones preventivas o correctivas a estados internos o externos,



c) aumentar o transformar los procesos empresariales.

## 2.2. Arquitectura IoT

Es importante señalar de acuerdo a la literatura sobre diversos tipos de arquitecturas IoT que están en proceso de desarrollo, y se pueden observar diferentes arquitecturas de tres, cuatro o cinco capas. Sin embargo, se considera la más adecuada para explicar nuestra metodología la arquitectura de cinco capas como detallado a continuación:

a) Capa de percepción: El otro nombre con el que se conoce es “Capa dispositivo”, en esta capa se encuentran los sensores y dispositivos que recolectan información, esta información una vez recolectada se transmite a la capa de red.

b) Capa de red: La principal función de esta capa es transmitir la información que es recopilada de los sensores hacia la unidad de procesamiento. El medio para transmitir la información puede ser inalámbrica o cableada.

c) Capa de middleware: Esta capa es la responsable de la gestión de los servicios, y tiene enlace con la base de datos. Realiza procesamiento de información y computación ubicua y toma decisiones automáticas basado en los resultados.

d) Capa de aplicación: Es responsabilidad de esta capa la gestión global de la información procesada por la capa middleware. Varias aplicaciones pueden ser utilizadas mediante el uso de IoT tales como: agricultura inteligente, casas inteligentes, transporte inteligente, etc.

e) Capa empresarial: Esta capa tiene la función de gestionar IoT en general incluida las aplicaciones y los servicios. Construye modelos de negocio, gráficos, flujo gráfico, etc. basados en los datos recibidos de la capa aplicación. Esta capa ayuda a determinar las acciones futuras y estrategias comerciales.

La Figura 1, muestra un panorama más amplio de las capas de la Arquitectura



IoT en un contexto de desarrollo e implementación (Sobin, 2020).

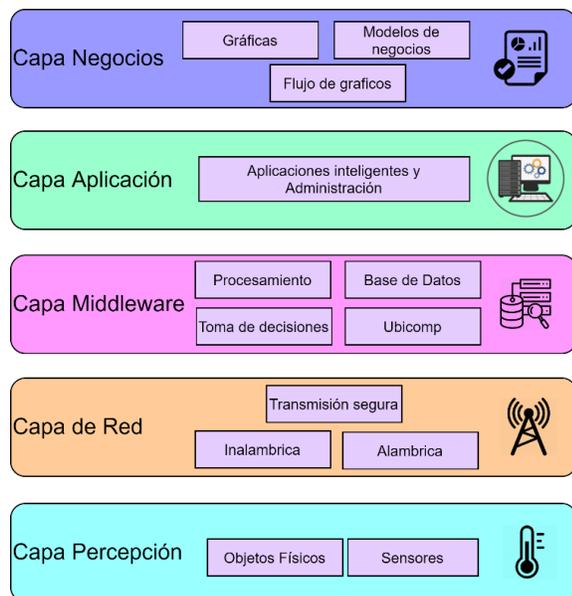


Figura 1. Capas de la Arquitectura IoT.

### 2.3. Plataformas de Internet de las Cosas

Hay que reconocer que debido a la necesidad del poder de gestión de forma eficaz y rápida de los datos recolectados que producen los sistemas IoT, surgen las plataformas de computación enfocados en servicios orientados al Internet de las Cosas.

A continuación, se presentan algunas plataformas de Internet de las Cosas de código abierto.

**Kaa IoT Platform:** Kaa es una plataforma de IoT de extremo a extremo aplicable a cualquier escala de proyectos de IoT empresariales. Proporciona una gama de funciones que permiten a los desarrolladores crear aplicaciones avanzadas para productos inteligentes, administrar de manera flexible sus dispositivos conectados a través de la nube, orquestar el procesamiento de datos de un extremo a otro, y analizar la telemetría de dispositivos (Al Rasyid et al., 2020).

**OpenIoT** es un esfuerzo conjunto de destacados contribuyentes de código abierto para habilitar una nueva gama de aplicaciones IoT inteligentes abiertas a gran escala de acuerdo con un modelo de prestación de servicios de computación en la nube. OpenIoT se percibe como una extensión natural de las implementaciones de computación en la nube, que permitirá el acceso a recursos y capacidades adicionales y cada vez más importantes basados en IoT (Soldatos et al., 2015).

**ThingSpeak** es un servicio de plataforma de análisis de IoT que le permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en tiempo real en la nube. ThingSpeak proporciona



visualizaciones instantáneas de los datos publicados por sus dispositivos en ThingSpeak. Con la capacidad de ejecutar código MATLAB ThingSpeak, puede realizar análisis y procesamiento en línea de los datos a medida que son ingresados. ThingSpeak se usa a menudo para la creación de prototipos y pruebas de sistemas de IoT de concepto que requieran análisis (Razali et al., 2020).

**ThingsBoard** es una plataforma de IoT de código abierto que permite un rápido desarrollo, gestión y escalado de proyectos de IoT. El objetivo es proporcionar la solución en la nube o en un entorno local de IoT habilitando una infraestructura del lado del servidor para las aplicaciones de IoT (Ismail et al., 2018).

Otra plataforma IoT Open Source existente es **Thinger.io**, es una plataforma de IoT en la nube que proporciona todas las herramientas necesarias para crear prototipos, escalar y administrar productos conectados de una manera muy simple (Bustamante et al., 2019).

Las Plataformas IoT tienen la capacidad de gestionar los datos recopilados por los dispositivos IoT y puedan procesar esos datos y convertirlos en información. La información con frecuencia se utiliza para la toma de decisiones basado en los datos recolectados. Posteriormente, se pueden aplicar algoritmos de inteligencia artificial para predecir comportamientos y análisis de resultados.

#### 2.4. Hardwares y tecnología de comunicación

En la tabla 1, se presenta un cuadro comparativo de las plataformas de hardware raspberry pi vs arduino. En esta tabla comparativa se consideran los siguientes parámetros: procesador, voltaje, memoria, soporte de comunicación, entorno de desarrollo y lenguaje de programación.

**Tabla 1. Plataforma de hardware**

Plataforma	Raspberry Pi 3 Model B+	Arduino UNO
Procesador	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz	ATmega328P
Voltaje	5 voltios	5 voltios
Memoria	1GB LPDDR2 SDRAM	2 KB (ATmega328)
Soporte de Comunicación	IEEE 802.11 b/g/n, IEEE 802.15.4, 433RF, BLE 4.0, Ethernet, Serial	IEEE 802.11 b/g/n, IEEE 802.15.4, 433RF, BLE 4.0, Ethernet, Serial
Entorno de desarrollo	NOOBS	Arduino IDE
Lenguaje de Programación	Python, C, C++, Java, Scratch, Ruby	C, Processing

**Fuente:** Los autores

Actualmente existe un gran número de dispositivos y placas de desarrollo en el mercado. Las placas Raspberry Pi y Arduino son las más utilizadas en entornos de pruebas. La Raspberry Pi tiene todas las características de un ordenador. Dentro de sus recursos es suficientemente potente para ejecutar tareas básicas, así como generar contenido multimedia, programar y compilar programas internamente en el dispositivo. Por otro lado, la placa Arduino es una plataforma código abierto basada en hardware y software libre que ofrece la plataforma Arduino

IDE mediante un entorno de desarrollo integrado, que permite la programación de programas específicos para este tipo de placas limitando la innovación y desarrollo en entornos a gran escala (Tuan, 2019).

En la tabla 2, se presenta, un cuadro comparativo de las tecnologías de comunicación inalámbrica considerando los siguientes parámetros: Estándares, frecuencia, velocidad, rango, consumo, seguridad y costo.

**Tabla 2. Tecnologías de comunicación para implementar el IoT.**

	WiFi	Zigbee	Bluetooth	LoRa
Estándar	IEEE 802.11 a/c/b/d/g/n	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1	LoRaWAN TS1-1.0.4
Frecuencia	6 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	868 MHz
Velocidad	600 a 9608 Mbit / s	250 kbit / s	2 y 3 Mbit / s	250bps a 5,5 kbps
Rango	20 a 100 m	10 a 20 m	menos de 10 m	10km +
Consumo	Alto	Bajo	Medio	Muy bajo
Seguridad	WEP, WPA, WPA2	128 bits	128 bits	AES
Costo	Alto	Bajo	Bajo	Alto

**Fuente:** Los autores

Las tecnologías utilizadas en el proceso de comunicación entre dispositivos IoT varían de acuerdo a los diversos estándares proporcionados (Gonzalez Santamaria, 2017). En un entorno de desarrollo e implementación



se puede prever los rangos de distancia, así como la tasa de transferencia de datos y el tipo de seguridad que ofrece cada tecnología.

### 3. Aspectos metodológicos

La investigación es tipo descriptiva ya que busca describir la optimización de la agricultura por medio del Internet de las Cosas (IoT).

Para esta investigación se utilizó el diseño documental, ya que permite consultar fuentes digitales de información, tomando en consideración el título y la autoría de los documentos consultados.

Los archivos consultados fueron obtenidos de bibliotecas digitales especializadas en la temática de estudio.

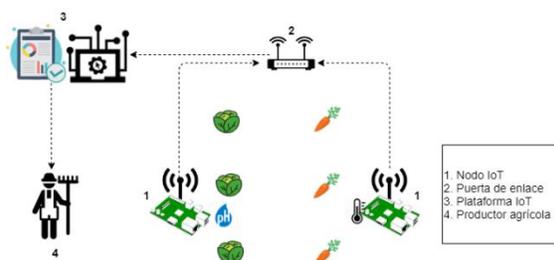
### 4. Plataforma IoT

Luego de realizar un análisis y comparación de las tecnologías existente la presente propuesta de implementación para la optimización de la agricultura se ha escogido algunas tecnologías para poder llevar a cabo el proceso de implementación.

Desde el punto de vista operacional, la implementación de los sistemas IoT en las parcelas agrícolas está integrada por los siguientes elementos:

- **Nodos IoT:** Una placa base *raspberry pi 3* con sensores para la recolección de datos, a su vez con una antena inalámbrica con soporte de LoRa WAN.
- **Puerta de enlace:** Una puerta de enlace LoRa WAN, ya que esta tecnología brinda un mayor alcance y a su vez está orientada al Internet de las Cosas.
- **Plataforma IoT:** Thingsboard es la plataforma Open Source que se ha escogido ya que soporta la mayor cantidad de protocolos IoT, la misma podrá estar alojada en un servidor Linux.
- **Productor agrícola:** El productor agrícola podrá realizar las consultas y monitorear los datos, a través de su dispositivo móvil desde el navegador por medio de su usuario y contraseña.

A continuación, en la figura 2 se presenta, un diagrama de Framework de IoT.



**Figura 2.** Plataforma IoT aplicada a la agricultura.

Es oportuno describir el funcionamiento de un Framework IoT, en el primer elemento se encuentran los nodos IoT que son los encargados de recolectar los datos a través de los sensores, posteriormente envía los datos a través de la tecnología LoRaWan a la puerta de enlace. La puerta de enlace LoRaWan es el dispositivo que recibe los datos de los nodos IoT, luego los envía a la plataforma IoT la cual gestiona los datos y brinda información de la plantación al productor agrícola, este último puede acceder a través de su celular por medio de un entorno web con el uso de su usuario y contraseña.

La información recolectada es almacenada en una base de datos para posterior análisis y aplicación de algoritmos de inteligencia artificial

permitiendo la predicción de producción o posibles enfermedades en los cultivos.

## 5. Conclusiones

Este estudio presenta una revisión sistemática de la literatura mediante una discusión sobre artículos de investigación selectivos de alta calidad publicados en el dominio de la agricultura basada en el IoT. El análisis realizado muestra las diferentes aplicaciones agrícolas utilizando aplicaciones de tipo IoT, incluyendo sensores/dispositivos y protocolos de comunicación. El hecho más prometedor es que esta área de investigación está siendo financiada por los gobiernos de varios países, y muchos de ellos tienen sus políticas agrícolas de IoT. Además, todos los componentes principales de la agricultura basada en IoT se han contextualizado en un marco de desarrollo donde se van a implementar tecnologías en desarrollo que pueden ser aplicadas a otros campos del conocimiento. Los investigadores que trabajan en el dominio de la agricultura inteligente basado en el IoT han debatido sobre las prometedoras



direcciones futuras de este tipo de tecnología.

## 6. Agradecimientos

Agradecimiento especial al Sistema Nacional de Investigación de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) mediante el proyecto FIED19-R1-003 y el Sistema Nacional de Investigación (SNI).

## Referencias

Al Rasyid, M. U. H., Mubarrok, M. H., & Hasim, J. A. N. (2020). Implementation of environmental monitoring based on KAA IoT platform. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(6), 2578–2587.

Bustamante, A., Patricio, M. A., & Molina, J. (2019). Thinger.io: An Open Source Platform for Deploying Data Fusion Applications in IoT Environments. *Sensors*, 19, 1044. <https://doi.org/10.3390/s19051044>

Cornejo-Velázquez, E., Romero-Trejo, H., Acevedo-Sandoval, O. A., & Toriz-Palacios, A. (2019). Aplicación del Internet de las Cosas en el Sector Agrícola. *Pädi Boletín Científico de Ciencias*

*Básicas e Ingenierías del ICBI*, 7(13), 62-67. <https://doi.org/10.29057/icbi.v7i13.4403>

Gonzalez Santamaria, C. J. (2017). *Management of a heterogeneous distributed architecture with the SDN* [Theses, Universite de Reims Champagne Ardenne]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01677840>

Ismail, A. A., Hamza, H. S., & Kotb, A. M. (2018). Performance evaluation of open source iot platforms. *2018 IEEE Global Conference on Internet of Things (GCIoT)*, 1–5.

Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., & Khan, S. (2012). Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges. *2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology*, 257-260. <https://doi.org/10.1109/FIT.2012.53>

Li, S. (2012). Application of the Internet of Things Technology in Precision Agriculture IRrigation Systems. *2012 International Conference on Computer Science and Service System*, 1009-1013. <https://doi.org/10.1109/CSSS.2012.256>

Razali, M. A. A., Kassim, M., Sulaiman, N. A., & Saaidin, S. (2020). A ThingSpeak IoT on Real Time Room Condition Monitoring System. *2020 IEEE International Conference on Automatic Control*



and *Intelligent Systems (I2CACIS)*, 206–211.

Salam, A. (2020). Internet of Things for Environmental Sustainability and Climate Change. En *Internet of Things for Sustainable Community Development* (pp. 33–69). Springer.

Sobin, C. (2020). A Survey on Architecture, Protocols and Challenges in IoT. *Wireless Personal Communications*, 1–47.

Soldatos, J., Kefalakis, N., Hauswirth, M., Serrano, M., Calbimonte, J.-P., Riahi, M., Aberer, K., Jayaraman, P. P., Zaslavsky, A., Žarko, I. P., & others. (2015). Openiot: Open source internet-of-things in the cloud. En *Interoperability and open-source solutions for the internet of things* (pp. 13–25). Springer.

Tuan, K. N. (2019). A wireless sensor network for aquaculture using Raspberry Pi, Arduino and Xbee. *2019 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, 235–238.