



GLOBAL JOURNAL OF RESEARCHES IN ENGINEERING: J
GENERAL ENGINEERING
Volume 19 Issue 6 Version 1.0 Year 2019
Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal
Publisher: Global Journals
Online ISSN: 2249-4596 & Print ISSN: 0975-5861

Precision Agriculture in a Coffee Crop to Monitoring its Environmental Variables

By William Ruiz Martinez & Roberto Ferro Escobar

Abstract- This article presents the application of the Internet of Things (IoT), as a technological tool for the development of a wireless sensor network with the objective of monitoring a set of environmental variables that affect the cultivation and production of coffee. The logical and physical design of the devices is presented, in addition the future implantation of the sensor network in a given area is proposed, in a future development the collection of information of the environmental variables of said crop is considered to be compared with a series of parameters already established, which allows coffee to observe the behavior of variable variables in a period of time and establish the generation of alerts or warnings when these measurements are outside the established ranges. Through the development of the study it was possible to demonstrate the complexity that coffee cultivation implies due to its different varieties.

Keywords: agriculture, internet of things, cultivation, wireless sensor network, xbee module, zigbee standard.

GJRE-J Classification: FOR Code: 091599, 090799



Strictly as per the compliance and regulations of:



© 2019. William Ruiz Martinez & Roberto Ferro Escobar. This is a research/review paper, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 Unported License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), permitting all non commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Precision Agriculture in a Coffee Crop to Monitoring its Environmental Variables

Agricultura De Precisión Aplicada En un Cultivo De Café Para Monitorear Sus Variables Ambientales

William Ruiz Martinez ^α & Roberto Ferro Escobar ^ο

Resumen- Este artículo presenta la aplicación del Internet de las cosas (IoT), como herramienta tecnológica para el desarrollo de una red inalámbrica de sensores con el objetivo de monitorear un conjunto de variables ambientales que inciden en el cultivo y producción del café. Se presenta el diseño lógico y físico de los dispositivos, además se plantea la futura implantación de la red de sensores en un área determinada, en un futuro desarrollo se plantea la recopilación de información de las variables ambientales propias de dicho cultivo para ser comparada con una serie de parámetros ya establecidos, lo que posibilitara al cafetero observar el comportamiento de dichas variables en un espacio de tiempo y establecer la generación de alertas o advertencias cuando estas mediciones se encuentren fuera de los rangos establecidos. Mediante el desarrollo del estudio se pudo evidenciar la complejidad que implica el cultivo del café debido a sus diferentes variedades.

Palabrasclave: agricultura, internet de las cosas, cultivo de café, red de sensores inalámbricos, modulo xbee, estándar zig bee.

Abstract- This article presents the application of the Internet of Things (IoT), as a technological tool for the development of a wireless sensor network with the objective of monitoring a set of environmental variables that affect the cultivation and production of coffee. The logical and physical design of the devices is presented, in addition the future implantation of the sensor network in a given area is proposed, in a future development the collection of information of the environmental variables of said crop is considered to be compared with a series of parameters already established, which allows coffee to observe the behavior of variable variables in a period of time and establish the generation of alerts or warnings when these measurements are outside the established ranges. Through the development of the study it was possible to demonstrate the complexity that coffee cultivation implies due to its different varieties.

Keywords: agriculture, internet of things, cultivation, wireless sensor network, xbee module, zigbee standard.

1. INTRODUCCION

Las Políticas de apoyo al sector agrícola en nuestro país no han sido las más ideales a lo largo de los años, por lo tanto, el apoyo del gobierno específicamente a los caficultores a través de los

organismos acreditados no cubre todas las expectativas inicialmente propuestas y casi siempre se diluyen en buenas intenciones, pactos incumplidos y acuerdos mal administrados y gestionados que en muchos casos son un reflejo de los intereses regionales de los políticos de la época.

Debido a esta serie de problemas de índole político, mencionados anteriormente y otros de naturaleza técnica, el sector cafetero se enfrenta a una serie de problemas a la hora de optimizar los procesos de cosecha y producción, ya que, durante muchos años este sector, como dijimos anteriormente, no ha recibido la atención necesaria del estado. Colombia tiene un enorme potencial agrícola que no se explota adecuadamente debido a una planificación deficiente y una ejecución peor, el apoyo del gobierno es muy escaso o inexistente y los precios de los insumos son demasiado altos. Los intereses con los que se presta dinero a los caficultores terminan desalentando la inversión en este importante sector, obligándolos a diversificar o, en casos extremos, a abandonar el cultivo del café. No podemos ignorar el importante papel que desempeña la tecnología en muchos sectores y la agricultura no es ajena a ellos, ya que, con sus procesos de introducción, como la siembra y la producción de café, se puede mejorar y automatizar mejorando la rentabilidad de ellos.

Es por eso que un sector como el café y la introducción de tecnología en ciertos procesos del mismo, tiene el potencial de traer nuevos horizontes a la productividad del país, además de generar innumerables beneficios orientados a los procesos de siembra y producción de ciertos cultivos (Pinto Rios, 2015).

La agricultura de precisión abarca múltiples prácticas relacionadas con el manejo de cultivos y cultivos, árboles, flores, plantas, etc. Entre las aplicaciones más interesantes está el control de plagas y enfermedades. Mediante sensores ubicados estratégicamente, parámetros tales como la temperatura y la humedad relativa del suelo, la temperatura y la humedad de las hojas, la radiación solar se puede monitorear para detectar rápidamente situaciones adversas y establecer los tratamientos apropiados. La gran ventaja del uso de esta tecnología

Author α: Corporación unificada nacional de educación superior. Docente de investigación. e-mail: william_ruizmar@cun.edu.co

Author ο: Corporación unificada nacional de educación superior. Director de la Red de Investigaciones en Tecnologías Avanzadas RITA. e-mail: roberto_ferro@cun.edu.co

es la detección oportuna y la aplicación óptima de pesticidas, solo en aquellas áreas donde es realmente necesario (Martínez Fernández, Ordieres, Martínez de Pison, & González, 2009).

Uno de los principales problemas que surgen actualmente es como monitorear los cultivos en forma adecuada, ya que tecnológicamente hablando no existe un monitoreo y control constante de las variables ambientales que afectan el desarrollo de los mismos, desde el proceso de siembra hasta la obtención del producto final. De esta manera, la agricultura de precisión hace su aparición permitiendo que se pueda aplicar en cualquier tipo de cultivo, siempre que haya una variabilidad espacial (espacios utilizables), independientemente del área donde se quiera llevar a cabo.

"De acuerdo con (Siavosh Sadegian, 2008), es posible llevar a cabo la adaptación de aspectos específicos dependiendo de cada sistema productivo, teniendo en cuenta, variables como: clima, temperatura, humedad, tipo de suelo, material genético y sistema de gestión".

Colombia es conocida por producir el mejor café blando del mundo. Su producción, según informes emitidos por la Federación Nacional de Cafeteros, que es la entidad que representa a los productores a nivel internacional, ha crecido en un 26% en comparación con 2011. Lo que lo convierte en el tercer mayor productor mundial de granos de café, la federación ha promovido en compañía de los cafeteros aspectos como: La renovación de cultivos, la siembra de cafés especiales y orgánicos, entre otras estrategias para incentivar el cultivo del grano (Urbano, 2013).

Por esta razón, proponemos el prototipo de una red inalámbrica de sensores, aplicando el concepto del Internet de las Cosas (IoT) para establecer un conjunto de mediciones, alertas y controles para mejorar la producción y la calidad en un cultivo de café.

A través del diseño y desarrollo de este sistema de sensores, se le ofrece al agricultor tradicional una herramienta invaluable de tecnificación agrícola, que le permite aumentar sus beneficios económicos, la reducción del impacto ambiental y, por lo tanto, la mejora de su calidad de vida, de otro El punto de vista de la agricultura de precisión tiende a obtener un producto de mayor calidad con la conocida optimización de los recursos y funciona como un elemento predictivo para evitar posibles pérdidas de cultivos debido a la falta de gestión, supervisión y acción oportuna.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

a) Metodología de Investigación

Este proyecto lo podemos clasificar como de investigación aplicada con un enfoque cuantitativo, ya que basa en la recolección y envío de datos de un

conjunto de sensores a una plataforma Web para ser almacenados, analizados y comparados con un conjunto de parámetros previamente establecidos, posteriormente se configurara un sistema de alertas para que el caficultor puede realizar la toma de decisiones respecto al manejo del cultivo, se ha planteado el desarrollo de la investigación, teniendo en cuenta las fases y actividades propuestas en la figura 1.

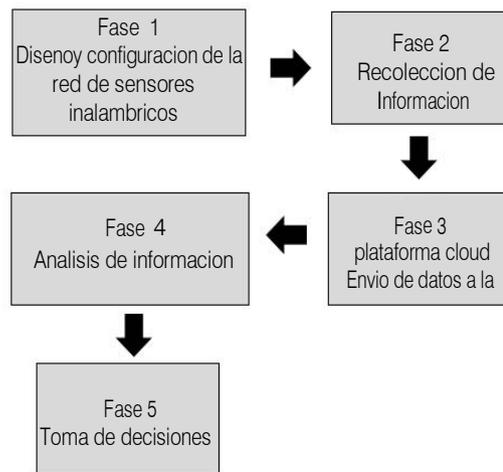


Figure 1: Fases del proyecto (Fuente: Autor)

b) Componentes de la red de sensores

De acuerdo con (National Instruments Notas Técnicas, 2009), una red de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Network) es una red inalámbrica que consiste en dispositivos distribuidos espaciados autónomos utilizando sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales. Un sistema WSN incorpora un Gateway o puerta de enlace, que provee conectividad inalámbrica como complemento de redes cableadas y nodos distribuidos. El protocolo inalámbrico que seleccione depende en los requerimientos de la aplicación. Algunos de los estándares disponibles incluyen radios de 2.4 GHz basados en los estándares IEEE 802.15.4 o IEEE 802.11 (Wi-Fi) o radios propietarios, los cuales son regularmente de 900 MHz.

De acuerdo con (Villon Valdiviezo, 2009), los componentes o elementos de una red de sensores inalámbricos son:

Sensores: En el caso de los sensores, estos dispositivos se encargan de tomar la información del medio donde se encuentran y las convierten en señales eléctricas que son entregadas a un sistema de control, eventualmente pueden ser de cualquier tipo y permiten medir cualquier tipo de variable que queramos medir (luz, temperatura, viento, presión y humedad entre otras).

Actuadores: Los actuadores son dispositivos que siguiendo las órdenes del sistema de control realizan una serie de acciones que repercuten o tienen

incidencia en el mundo real (Ej. Apertura de una válvula, cierre de una membrana, encendido de un bombillo).

Nodo sensor: Toman los datos recolectados por el sensor a través de sus puertos de datos y envían la información a la estación base. Un nodo sensor tiene que contar con un procesador de consumo reducido, así como de un transceptor radio con la misma característica, a los que hay que agregar un software optimizado para que requiera pocos recursos, haciendo el consumo aún más restrictivo. Así, pues, un nodo sensor, dotado de una pequeña batería del tipo AAA o botón, puede tener una autonomía de hasta dos años.

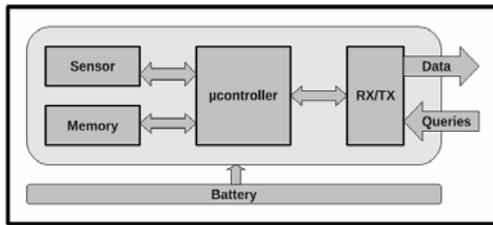


Figure 2: Arquitectura de un nodo sensor (Fuente: NEC)

Nodos intermedios: O los denominados “routers”, son dispositivos encargados de extender el alcance de la red, rodear obstáculos a la transmisión sin hilos y proveer rutas alternativas para el tránsito de mensajes que se envían al Gateway (Components 101, 2019).

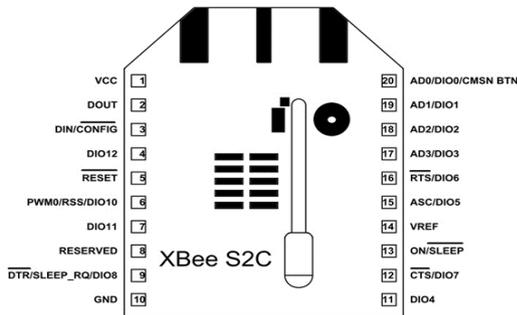


Figure 3: Modulo XBee (Fuente: Components 101)

Gateway: Este dispositivo es clave en el sistema ya que permite servir de interfaz entre la plataforma de aplicación y los nodos que conforman la red, además de permitir el acceso entre el sistema y los entornos, ya que permite manejar diferentes tipos de protocolos, además posee la capacidad de operar en las capas superiores del modelo OSI (Transporte, sesión presentación y aplicación), permitiendo realizar la conversión de protocolos para interconectar redes con protocolos de alto nivel diferentes.

Red inalámbrica: Medio de transmisión de la información, típicamente se basa en el estándar 802.15.4 (ZigBee).

La estación base: Es la encargada de conectarse a los nodos de coordinación o intermedios para recolectar

los datos de la red, generalmente está conformada por un PC o un sistema embebido de visualización.



Figure 4: Funcionamiento de un Gateway en una red inalámbrica de sensores (Fuente: NEC)

c) **Estándar de comunicación inalámbrica**

Para el desarrollo del proyecto se encontraron varios estándares que cumplieran las características y condiciones necesarias, pero se seleccionó el protocolo o estándar ZigBee 802.15.4., más que todo por factores económicos, a continuación, relacionamos algunas de sus aspectos más importantes:

De acuerdo con (Ramirez C, 2012), la Alianza ZigBee (ZigBee Alliance) está formada por una asociación de industrias que trabajan en conjunto para desarrollar normas y productos. ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica de alto nivel, para su utilización en aplicaciones de radiodifusión digital de bajo consumo, con base en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Área Network o WPAN). La tecnología ZigBee está integrada en una amplia gama de productos y aplicaciones para los consumidores de tipo comercial, industrial y gobierno.

La idea principal sobre la que se ha desarrollado ZigBee ha sido la facilidad a la hora de implementarlo en un sistema de control, o lo que es lo mismo, se busca que de una manera sencilla y rápida se pueda desarrollar un sistema robusto y duraderofácilmente integrable en una red inalámbrica destinada a la supervisión y el control. Por este motivo, ZigBee pretende cumplir los siguientes requisitos:

- Alta fiabilidad
- Bajo costo
- Bajo consumo
- Es un estándar abierto
- Altamente seguro

En consecuencia, para poder satisfacer todos estos puntos, ZigBee se va a caracterizar por las siguientes características:

- Baja capacidad de transmisión, en torno a 250 Kbps, que nos permitirá desarrollar sistemas de muy bajo costo.
- Protocolo sencillo, pudiendo ser implementado sin ningún tipo de limitación en sistemas micro controladores de 8 bits.
- Muy bajo consumo energético permitiendo que la fuente de alimentación del sistema pueda durar años

d) *Arquitectura de la red de sensores*

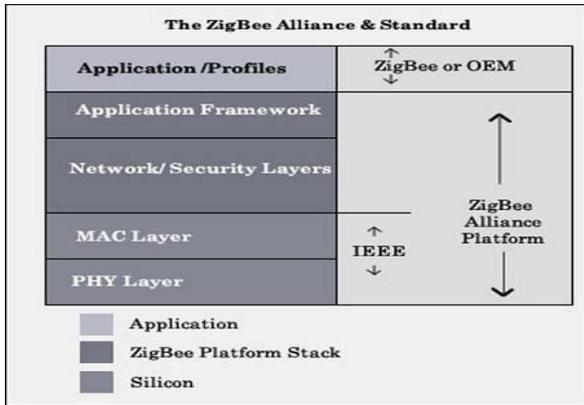


Figure 5: Pila de protocolos para el estándar IEEE 802.15.4 (Fuente: IEEE)

La Figura 6. muestra la arquitectura propuesta para la red de sensores, cuyo objetivo es monitorear un cultivo de café. El terreno para el estudio propuesto consiste en un lote de café con un área equivalente a una hectárea, que se encuentra en una finca cafetalera de la región. Los nodos sensores son responsables de monitorear variables ambientales tales como: temperatura y humedad del suelo, temperatura ambiente e incidencia de lluvia mediante el uso de un medidor de lluvia.

También vemos en la figura una puerta de enlace, cuya función es enviar la información recopilada por los nodos del sensor al nodo coordinador que es responsable de establecer la comunicación con la unidad central integrada por una computadora con conexión a Internet que se encargará de cargar la información recibida en un sitio en plataforma Ubidots para su procesamiento y posterior análisis.

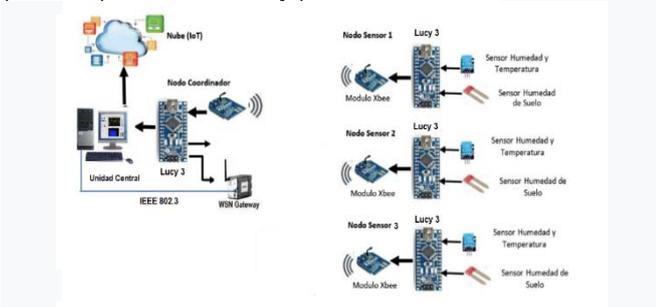


Figure 6: Arquitectura propuesta para la red de sensores (Fuente: Autor)

e) *Plataforma Cloud Ubidots*

Como se planteó anteriormente para el caso específico de este proyecto, en el apartado del almacenamiento y procesamiento de los datos provenientes de los sensores, este proceso se va a realizar a través de una plataforma Cloud, llamada Ubidots, a continuación ellos mismos se encarga de definir que son: "Ubidots es una plataforma de Internet de las cosas (IoT) que permite a las empresas crear aplicaciones IoT que convierten los datos de los sensores en conocimiento práctico y aplicable. Ubidots es un recurso eficiente y económico para integrar el poder de IoT en su negocio o proyecto de investigación" (Klotz, 2017).

Las principales características de la plataforma son:

- Capacidad para publicar los datos del dispositivo sobre una API REST.
- Flexibilidad, ya que permite a sus usuarios mezclar diferentes flujos de datos y presentarlos en esta plataforma.
- Disponibilidad ubicua, debido a que está basado en la nube.
- Seguridad basada en mecanismos incorporados en la plataforma de Ubidots (autenticación mediante API o tokens).

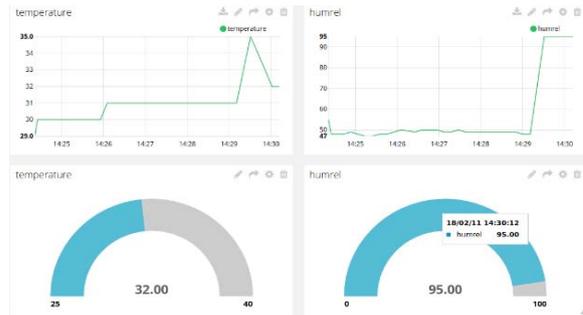


Figure 7: Visualización del comportamiento de 2 sensores en la plataforma Ubidots (Fuente: Ubidots)

f) *El café y sus variables ambientales*

En este apartado pretendemos dar a conocer una serie de variables de tipo ambiental que de un modo u otro inciden en la siembra y cultivo del café y posteriormente en su futura producción, veamos cada una de ellas a continuación:

Temperatura: La zona óptima para el cultivo del café arábico se encuentra entre 19 y 21.5 grados centígrados. En climas fríos, donde la temperatura media es menor de 19 grados centígrados, las variedades de café se desarrollan menos, su producción es menor y la cosecha se distribuye a lo largo del año. En climas calientes, donde la temperatura media es mayor de 21.5 grados centígrados, la vida productiva del cafeto es más corta, la cosecha más temprana y más concentrada. El ataque de la roya es

más severo y se incrementan plagas como la broca y el minador (Cafe de Colombia, 2010).

Lluvias: Se considera apropiada para el cultivo una cantidad de lluvia comprendida entre los 1.800 y los 2.800 milímetros anuales, con una buena distribución en los diferentes meses del año. Se requieren por lo menos 120 milímetros al mes. Periodos de mucha lluvia favorecen la presencia de enfermedades como el mal rosado y la gotera. El exceso de lluvias también puede afectar la floración del cafetal, disminuyéndola o dañándola. Si se presentan sequías excesivas, las hojas del cafeto pueden caerse por falta de agua y se puede incrementar el ataque de plagas como la arañita roja, el minador y la broca.

Humedad del aire o humedad relativa: Este componente del clima presenta altas variaciones entre el día y la noche. En la zona cafetera el aire es normalmente húmedo.

El suelo para el cultivo: El suelo es esencial para el cafeto porque le facilita el anclaje y le proporciona el agua y los nutrimentos necesarios para su crecimiento, desarrollo y producción. Tiene su origen en la desintegración y descomposición lenta de las rocas, causada principalmente por la acción del agua, la temperatura y los vientos. En algunas regiones estos procesos se acompañan de cenizas provenientes de los volcanes. Con el paso del tiempo las partículas formadas se mezclan con los residuos de animales y vegetales en descomposición, dando origen al suelo o capa vegetal (Ramirez, Victor Hugo;, 2011).

g) Resultados y discusion

Se pudo observar que la plataforma Ubidots brinda un ambiente grafico ameno e intuitivo, para todo tipo de procesos, como creación de parámetros para ser comparados con las mediciones enviadas por los sensores.

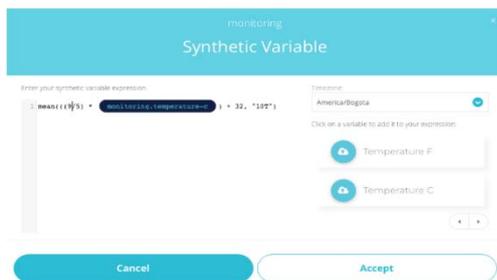


Figure 8: Definición del parámetro de humedad en la plataforma Ubidots (Fuente: Ubidots)

En las figuras 9. Y 10 se pueden visualizar las mediciones de la variable temperatura enviadas por un grupo de sensores, a la plataforma, pudiéndose establecer valores mínimos, máximos y promedio de un cultivo en una fecha y hora determinada.

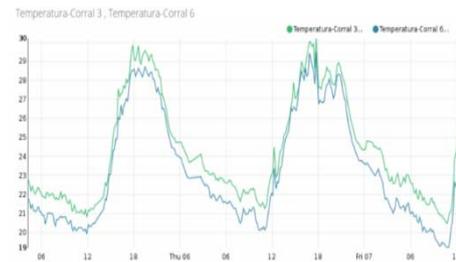


Figure 9: Visualización de datos de un sensor enviados a la plataforma (Fuente: Ubidots)



Figure 10: Visualización de datos de un sensor enviados a la plataforma en una fecha y hora específica (Fuente: Ubidots)

Se comprobó que las tarjetas programables Lucy 3 que tiene cada uno de los nodos del sensor cumplen con efectividad las tareas encargadas, entre otras el recibir los valores enviados por cada uno de los sensores, procesar dichos datos y enviarlos al módulo de comunicación.

Se desarrollaron pruebas de distancia para determinar el rango máximo de los módulos inalámbricos Xbee -Pro S2C para garantizar una transmisión de datos confiable sin pérdida y atenuación de la señal, encontrando que el rango máximo está dentro del límite establecido de 100 metros en campo abierto.

h) Conclusiones

El manejo del cultivo de café es bastante complejo teniendo en cuenta la variabilidad de especies, terrenos y condiciones específicas de las variables ambientales que finalmente afectan el proceso de producción y la calidad final del grano.

El desarrollo e implementación de redes inalámbricas de sensores ahora es más factible debido a los bajos costos con los que se obtienen componentes como: sensores, tarjetas programables y módulos de comunicación, lo que lo hace rentable para los cafeteros teniendo en cuenta que con hardware y software de código abierto para lo cual no hay necesidad de pagar licencias.

La tecnificación del agro y en especial el cultivo del café, es viable siempre y cuando haya compromiso por parte de las entidades encargadas de promover el

grano, los caficultores y las empresas encargadas de ofrecer las soluciones tecnológicas a precios acordes con la realidad de dicho sector en el país.

El internet de las cosas (IoT), esta demostrando ser una tecnología de gran eficiencia en procesos agrícolas, ya que sus dispositivos son precisos y fiables en la toma de mediciones de variables ambientales de cualquier tipo de cultivo.

Las plataformas Cloud como Ubidots permiten almacenar datos enviados por los sensores, pero además prestan servicios de análisis de información y posterior envío de alertas o informes al usuario, sobre situaciones anómalas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cafe de Colombia. (24 de 06 de 2010). Obtenido de http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el_cafe_de_colombia/una_bonita_historia/
2. Components 101. (14 de 06 de 2019). Obtenido de <https://components101.com/wireless/xbee-s2c-module-pinout-datasheet>
3. Klotz, C. (10 de 10 de 2017). Ubidots. Obtenido de <https://ubidots.com/blog/ubidots-y-nxiot-se-asocian-para-darle-vida-a-los-objetos/>
4. Martínez Fernández, R., Ordieres, M. J., Martínez de Pisón, A. F., & González, J. (2009). Redes inalámbricas de sensores: Teoría y aplicación práctica. La Rioja: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.
5. National Instruments Notas Técnicas. (22 de 04 de 2009). Obtenido de <http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>
6. Pinto Ríos, J. D. (2015). Monitoreo de cultivos con redes de sensores Xbee, Arduino y dispositivos de medición de suelos (Tesis de pregrado). Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
7. Ramírez C, L. (2012). Diseño de una arquitectura para redes de sensores con soporte para aplicaciones de detección de eventos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
8. Ramírez, Víctor Hugo; (23 de 06 de 2011). Obtenido de Cenicafe Centro nacional de investigaciones de café: https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivos_cafe/sp_al_sol
9. Siavosh Sadegian, K. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Chinchiná: Cenicafe Publicaciones.
10. Urbano, M. F. (2013). Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización de cultivos de cafe. Journal de ciencia e ingeniería, 46-52.
11. Villon Valdiviezo, D. (2009). Diseño de una red de sensores inalámbrica para agricultura de precisión. Lima: Creative Common.