



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encontro Internacional de
Educação em Engenharia ACOFI

Sistema de monitoreo de un apiario basado en el internet de las cosas

Jeferson Loaiza Rodríguez, Juan Pablo Márquez Echavarría, Marisol Gómez Cano, César Augusto Álvarez Gaspar

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

En este artículo se propone el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de un apiario basado en IOT ubicado en la universidad del Quindío, el cual permite al apicultor conocer el estado general de una colmena a través de una computadora o teléfono celular, reduciendo el número de visitas a las mismas y garantizando un ambiente apropiado para las abejas. El sistema de monitoreo implementado tiene la capacidad de captar cuatro variables: temperatura, humedad relativa, sonido y peso. Donde se puede obtener la temperatura y humedad relativa interior en la colmena y de la intemperie, el peso total de la colmena y el espectro de frecuencia generados por las abejas. Esta información es adquirida mediante sensores y procesada por un microcontrolador (ESP32). A la vez estos datos son enviados en tiempo real a la plataforma IoT ThingSpeak, a través de una red WIFI creada por un celular. Para el funcionamiento del sistema se implementa un sistema fotovoltaico, el cual consta de la interconexión de 2 paneles solares, un controlador de carga y una batería, esta implementación de energías renovables permite que el sistema sea portable y que pueda mantener un flujo constante de energía en partes remotas donde no se cuente con conexión directa a la energía eléctrica. Además, hay diferentes técnicas que pueden ser adaptadas a nuevos sistemas, que permitan mejorar y contribuir con el medio ambiente y por su parte con la preservación de las abejas en su entorno natural. La implementación del sistema de monitoreo en la apicultura permitió recolectar información para realizar estudios sobre el comportamiento de la colmena, además de obtener datos relevantes sobre el estado general y observar si la colmena se encuentra en óptimas condiciones para la supervivencia y producción de miel.

Palabras clave: IoT; ThingSpeak; apicultura

Abstract

This article proposes the design and implementation of an IOT-based apiary monitoring system located at the University of Quindío, which allows the beekeeper to know the general status of a hive through a computer or cell phone, reducing the number of visits to them and guaranteeing an appropriate environment for the bees. The implemented monitoring system has the ability to capture four variables: temperature, relative humidity, sound and weight. Where you can get the temperature and relative humidity inside the hive and outdoors, the total weight of the hive and the frequency spectrum generated by the bees. This information is acquired by sensors and processed by a microcontroller (ESP32). At the same time, these data are sent in real time to the ThingSpeak IoT platform, through a WIFI network created by a cell phone, for the operation of the system a photovoltaic system is implemented, which consists of the interconnection of 2 solar panels, a charge controller and a battery, this implementation of renewable energy allows the system to be portable and to maintain a constant flow of energy in remote areas where there is no direct connection to electricity. In addition, there are different techniques that can be adapted to new systems, which allow improving and contributing to the environment and, in turn, to the preservation of bees in their natural environment. The implementation of the monitoring system in beekeeping allowed the collection of information to carry out studies on the behavior of the hive, in addition to obtaining relevant data on the general state and observing if the hive is in optimal conditions for survival and honey production.

Keywords: IoT; ThingSpeak; apiculture

1. Introducción

La apicultura es uno de los proyectos de gran importancia en el mundo, ya que permite de gran manera generar diferentes formas de tener un impulso significativo en la economía y en la preservación del medio ambiente por medio del cuidado de las abejas. Actualmente en Colombia la práctica apícola se realiza de forma solo tradicional puesto que se debe de tener un contacto directo con la colmena para poder tener un conocimiento sobre el estado en el que se encuentran las abejas. El desarrollo de tecnologías basadas en el internet de las cosas (IoT) es un tema de gran importancia técnica, social y económica, ya que permite conectar diferentes productos, servicios y elementos de la vida cotidiana que no poseen conexión a internet.

Debido al significativo avance que se tiene con las tecnologías basadas en el internet de las cosas se tiene que, Silva, Alisson de lima, en el año 2017 desarrolló un sistema que permite tener de manera remota el monitoreo no invasivo de colmenas a través del internet de las cosas (IoT). Este sistema está diseñado para reducir la inspección manual de la colmena a partir del monitoreo de la colmena por medio de la instalación de una serie de sensores y una red inalámbrica que utiliza el protocolo de comunicación HTTP (Hypertext Transfer Protocol) para enviar y almacenar la información en una base de datos (Silva, 2017).

Años después teniendo un mayor conocimiento sobre estas tecnologías y las diferentes adaptaciones, Antonio Rafael braga y otros, en el año 2019 desarrollaron un algoritmos de clasificación



temprana de problemas de salud en las abejas, este algoritmo se basa en la clasificación de los diferentes datos obtenidos de los sensores internos de la colmena, estos algoritmos son los encargados de la identificación de los diferentes estado de salud de las colonias de abejas, las identificación del estado de salud radica en el análisis y comparación de varias muestras recolectadas de los diferentes sensores por medio de la técnica de aprendizaje supervisado de los algoritmos (Zabasta, Kunicina, Kondratjevs y Ribickis, 2019).

Andressa Ribeiro de Mezquita y otros, en el año 2020 desarrollaron una herramienta basada en IoT para el monitoreo constante de la temperatura de las colmenas de abejas melíferas, esta herramienta está basada en el monitoreo cada 5 minutos de la temperatura interna y externa de la colmena de abejas por medio de un sensor DS18B20 el cual recolecta la información y la envía por medio de un microcontrolador ESP8266 que es un módulo Wi-Fi que se conecta y transmite los datos para su posterior almacenamiento en un servicio de base de datos en línea de PostgreSQL, que es la encargada de actualizar y dar visualización al apicultor en tiempo real los datos recolectados de los diferentes sensores de temperatura (Mesquita, Santana, sales y dos santos, 2020).

El proyecto que se presenta en este documento está enfocado a la recolección, almacenamiento y visualización de datos en tiempo real de variables como temperatura, humedad, peso y sonido, parámetros que pueden ser utilizados para el estudio de patrones de comportamiento o conocer el estado de la colmena

Este artículo está estructurado de la siguiente manera, en primer lugar se tiene una pequeña introducción que describe los antecedentes y el tema principal del artículo, seguido a esto se tienen los diferentes materiales y métodos que son necesarios para el desarrollo del sistema, luego se presentan los resultados obtenidos con el dispositivo implementado y por último, se dan a conocer las conclusiones con respecto a la implementación y el comportamiento de las variables obtenidas con el sistema de monitoreo basado en IoT.

2. Materiales y métodos

Para el funcionamiento del sistema de monitoreo es necesario tener una metodología la cual permita obtener un mayor seguimiento a las etapas del sistema, para esto se utiliza la metodología en V la cual está enmarcada en los 4 pilares fundamentales del modelo CDIO, en cada uno de estos pilares están definidos los diferentes pasos que se llevan a cabo para poder garantizar un funcionamiento adecuado del sistema.

2.1. Concepción

Actualmente en Colombia la apicultura se está impulsando significativamente, especialmente en zonas rurales del país, donde se tiene contacto directo con las diferentes colmenas para poder observar el estado en el que se encuentran las abejas, por tanto, se necesita encontrar un acceso rápido y sencillo para conocer el estado de la colmena.



Se encuentra que las colmenas están siendo vulneradas por el uso de plaguicidas, la deforestación, la contaminación y el mal manejo de las prácticas apícolas, debido a esto las abejas están muriendo rápidamente y no hay un sistema que alerte y ayude al apicultor del deterioro de la colmena. Por ello, surge la concepción de un dispositivo que permita recolectar datos de las diferentes variables que influyen en el estado de la colmena y así mismo enviarlos mediante el modelo del internet de las cosas (IoT) donde podrán visualizarse los mismos a través de la web.

2.2. Diseño

A través del diseño conceptual y funcional se identifican los diferentes requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Entre estos se encuentra la selección de las variables a captar dentro del apiario, la selección de un microcontrolador y de los diferentes sensores que se encargan de la recolección, envío y visualización de los datos como se muestra en la figura 1.

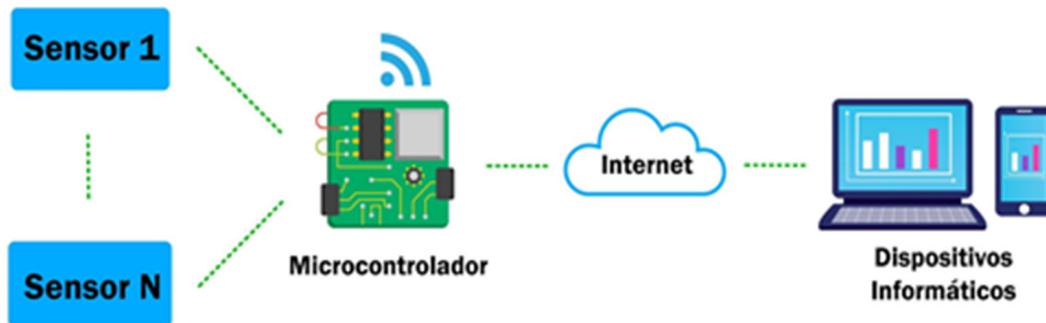


Figura 1: Diagrama IoT para el sistema de monitoreo.

Las variables a medir dentro de un apiario se establecen según los fenómenos que afectan tanto la crianza, la salud de las abejas y la producción de miel, estos fenómenos se generan dependiendo de las condiciones del entorno y de las características ambientales que inciden en el apiario, los principales fenómenos que se observan dentro de un apiario son la temperatura, humedad, peso y sonido.

Partiendo de estas variables se utiliza la selección de los sensores y microcontrolador a partir de la matriz de pugh la cual permite realizar comparaciones entre los diferentes criterios establecidos para cada componente donde se toma la primera alternativa de diseño y se analiza criterio por criterio si su cumplimiento es superior al diseño actual, es inferior o es igual. Si es superior se coloca un signo "+", si es inferior un signo "-" y si es igual un "0", como se muestra en la tabla 1.

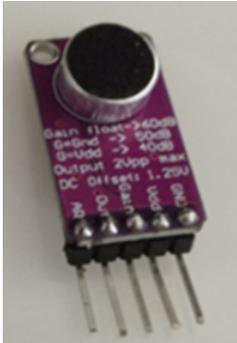
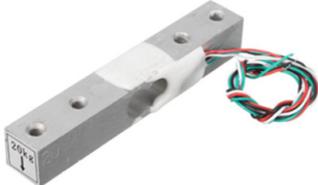
Tabla 1: Matriz de selección pugh para los sensores de temperatura y humedad.

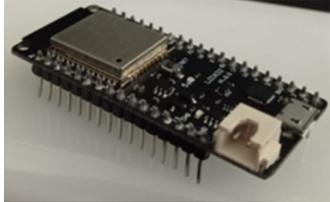
(-)Peor, (0)Igual, (+)Mejor		
Criterios de selección	Conceptos	
	DHT11	DHT22
Tiempo de muestreo	+	-
Rango de temperatura	-	+
Rango de humedad	-	+
Facilidad de operación	0	0

Consumo de voltaje	0	0
Consumo de corriente	0	0
Resolución de temperatura	-	+
Suma +	1	3
Suma 0	0	3
Suma -	3	1
Evaluación neta	-2	2
Lugar	2	1
Selección	No	Si

Partiendo de la matriz de selección pugh y teniendo presente los criterios necesarios para el micro-controlador y los diferentes sensores a utilizar, se presenta la tabla 2 la cual indica los parámetros tenidos en cuenta para la selección de cada componente del sistema.

Tabla 2. Selección de los componentes del sistema a partir de los criterios.

Componente	Criterios	Selección
Sensor de temperatura y humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de muestreo. • Rango de temperatura. • Rango de humedad. • Facilidad de operación. • Consumo de voltaje. • Consumo de corriente. • Resolución de temperatura y humedad. 	 <p>Figura 2: Sensor de temperatura y humedad DHT22.</p>
Sensor de sonido	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho de banda. • Ganancia. • Soporte de temperatura. • Facilidad de operación. • Consumo de voltaje. • Consumo de corriente. 	 <p>Figura 3: Sensor de sonido MAX9814</p>
Sensor de peso	<ul style="list-style-type: none"> • Carga nominal • Facilidad de operación • Consumo de voltaje • Soporte de temperatura 	 <p>Figura 4: Celda de carga 20Kg</p>

<p>Microcontrolador</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de funcionamiento. • Consumo de corriente. • Conexión Wifi • Compatibilidad IoT. 	 <p>Figura 5: Microcontrolador ESP32</p>
--------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.3. Implementación

Posterior a la selección y caracterización individual de los componentes donde se hicieron las respectivas pruebas unitarias y de integración y finalmente, se implementó el sistema de monitoreo el cual consta de las siguientes etapas: sistema de carga (sistema solar fotovoltaico), sistema de adquisición de las variables (red de sensores) y el sistema de procesamiento (Microcontrolador). Luego de tener presente todas las conexiones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema y el procesamiento de los datos, se procede con la implementación de una etapa de envío de datos a través de la conexión entre el microcontrolador y la plataforma IoT; esta sección está conformada por un teléfono celular el cual permite tener una conexión directa a la red de forma inalámbrica, dando mejor estabilidad en el sistema ya que permite que sea portable y que tenga mayor cobertura, el prototipo implementado se puede observar en la figura 6.

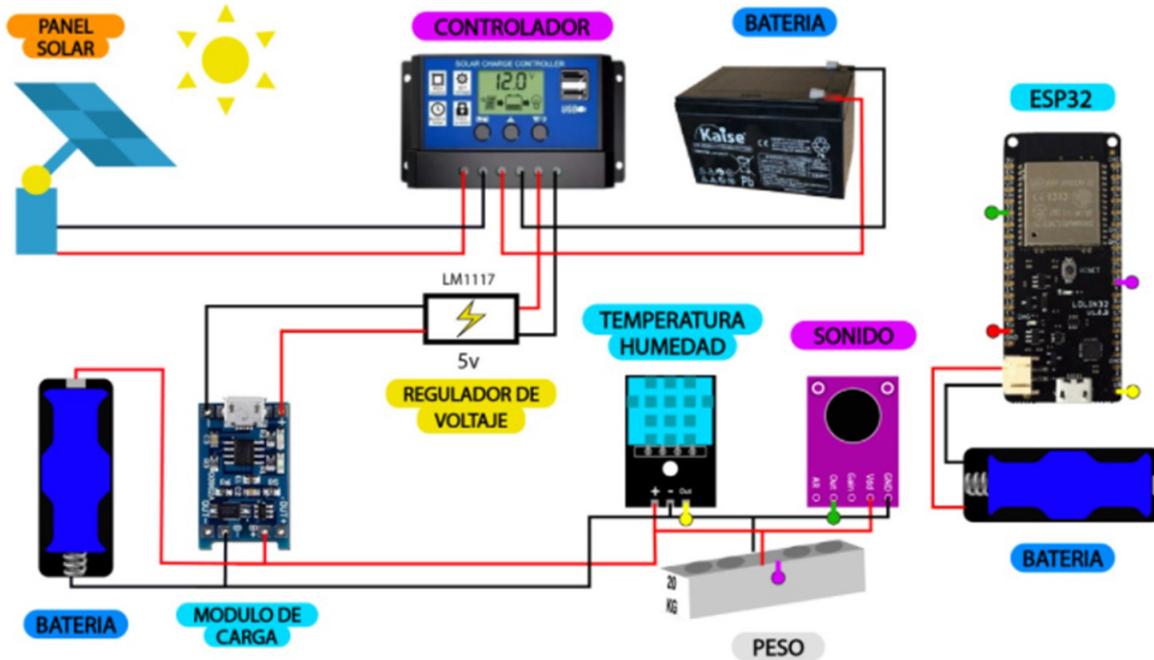


Figura 6: Sistema de adquisición y envío de datos.

Al momento de establecer las diferentes etapas del sistema de monitoreo se procede a realizar su correspondiente caracterización siguiendo el proceso que indica el diagrama de flujo de la figura



7, el cual determina los diferentes pasos que se deben tener en cuenta para la captura, almacenamiento, envío y visualización de los datos a través de la red por medio de la conexión entre el microcontrolador y la plataforma IoT establecida.

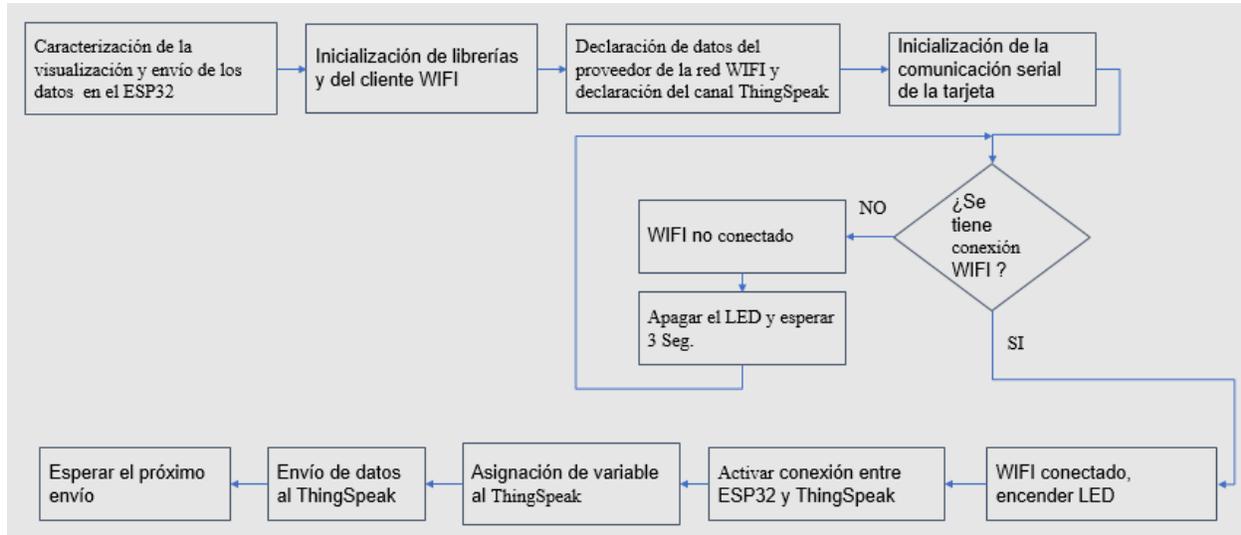


Figura 7. Diagrama de flujo del almacenamiento, envío y visualización de los datos.

2.4. Operación

Una vez conformado el sistema de monitorización se procede con la implementación del dispositivo dentro de la colmena, (ver figura 8) luego la información recolectada se puede analizar y visualizar por medio del servidor IoT ThingSpeak (ver figura 9) <https://thingspeak.com/channels/1363774> o por medio de la página Web <https://beesaferescartalas.000webhostapp.com/project-bee-apis-mellifera.html> donde se encuentra la correspondiente información de los datos adquiridos del sistema.



Figura 8: Disposición de sensores dentro y fuera del apiario.



Figura 9: Visualización de los datos en ThingSpeak.

3. Resultados

La información captada por los sensores de temperatura (ver imagen 10), humedad (ver figura 11), peso (ver figura 12) y sonido (ver figura 13), es almacenada en una base de datos en el servidor IoT ThingSpeak. Las variables mencionadas pueden ser observadas mediante gráficas y el análisis de la información se realiza usando estadística descriptiva a través de una herramienta desarrollada en Excel. Se analizaron 1721 muestras de datos que se obtuvieron durante los días que estuvo el sistema en operación.

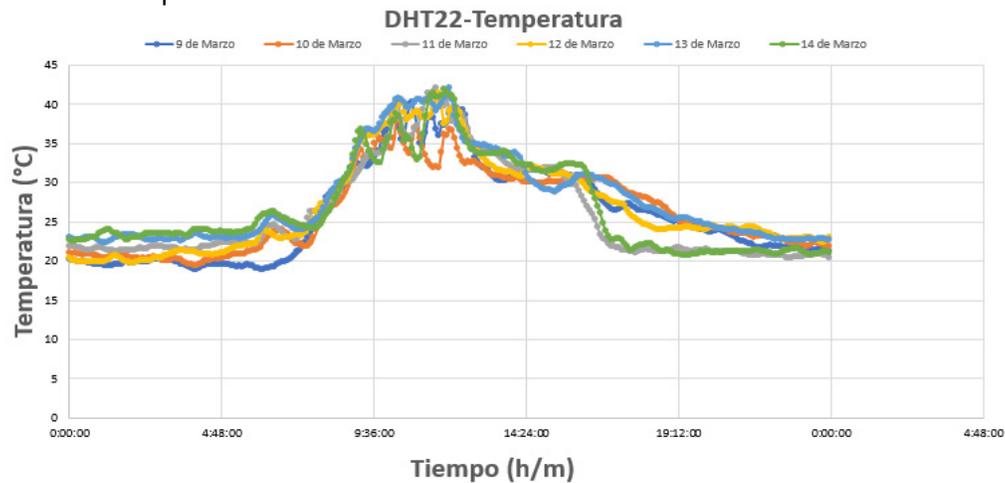


Figura 10: Datos obtenidos por el sensor de temperatura DHT22.



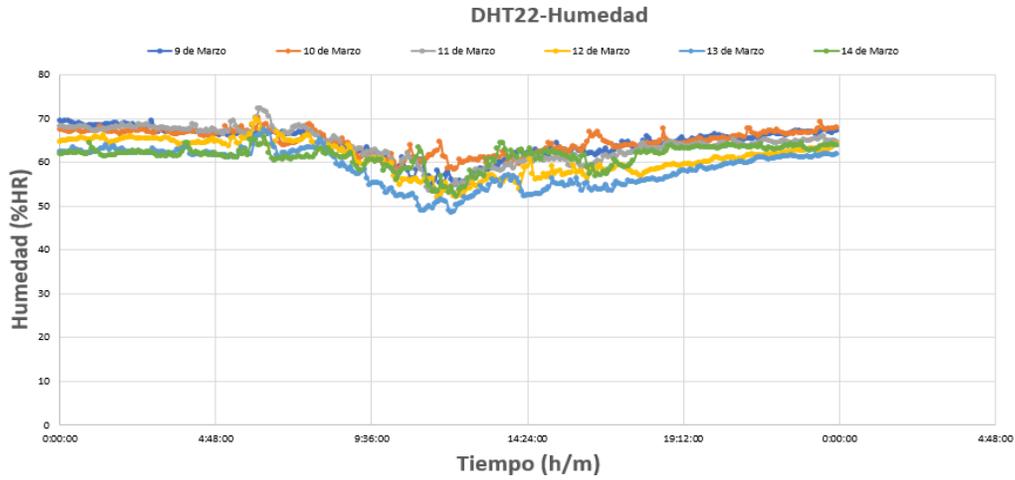


Figura 11: Datos obtenidos por el sensor de humedad DHT22.

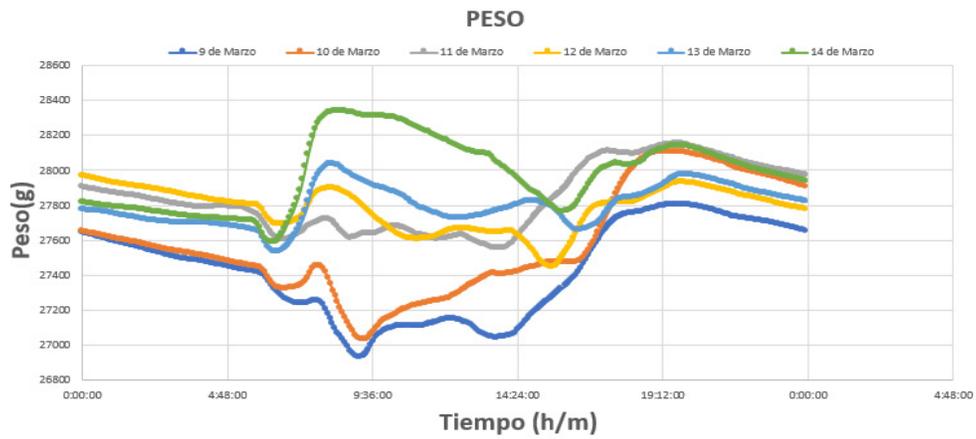


Figura 12: Datos obtenidos por el sensor de peso.

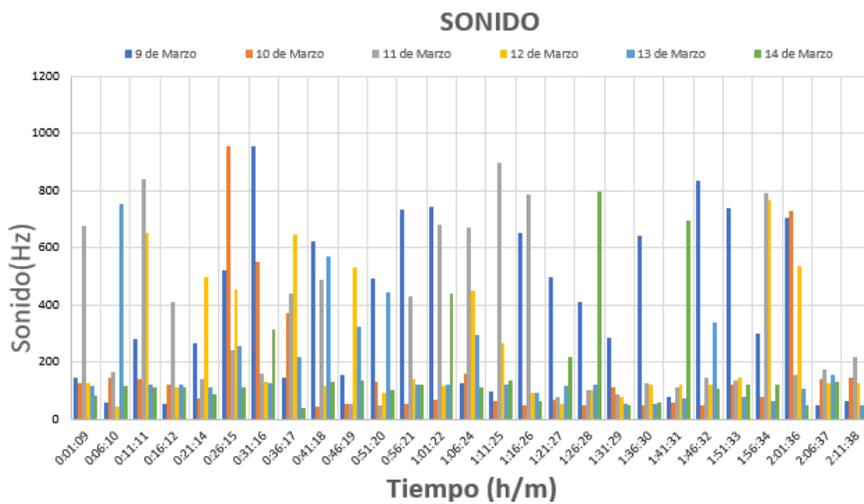


Figura 13: Datos obtenidos por el sensor de sonido.



4. Conclusiones

Se logra el desarrollo y funcionamiento de un sistema de monitoreo basado en el internet de las cosas adaptado a un apiario.

En este artículo se ha logrado adaptar y aportar nuevos conocimientos que llevan al desarrollo de nuevas técnicas relacionadas con el uso de los sistemas basado en IoT, estas nuevas técnicas pueden ser adaptadas a nuevos sistemas que permitan mejorar y contribuir con el medio ambiente y por su parte con la preservación de las abejas en su entorno natural.

El sistema de monitoreo permite al apicultor obtener información general del apiario sin perturbar a las abejas, esto no evita las visitas de control, pero mantiene informado a la persona encargada de las variaciones diarias que se puedan presentar, además de contar con una base de datos para su análisis respectivo, además de generar una base de datos que permitirá un análisis más detallado del comportamiento de la colmena.

5. Referencias

- Silva, A. D. L. (2017). Monitoramento não invasivo de colmeias através da IOT.
- Zabasta, A., Kunicina, N., Kondratjevs, K., & Ribickis, L. (2019, July). IoT approach application for development of autonomous beekeeping system. In 2019 International Conference in Engineering Applications (ICEA) (pp. 1-6). IEEE.
- de Mesquita, A. R., de Santana Salmento, L. L., de Sales Junior, O. R., dos Santos, J. H. C., & de Araújo, F. M. A. (2020). BeeFresh: Ferramenta de Monitoramento de Temperatura com IoT para Colmeias de Abelhas Melíponas. Brazilian Journal of Development, 6(7), 52724-52740.
- Rodriguez Loaiza, J. Marquez Echavarría, J. P. (2022). Sistema de monitoreo de un apiario basado en el internet de las cosas [Trabajo de grado, Universidad del Quindío]

Sobre los autores

- **Juan Pablo Márquez Echavarría**, Estudiante de ingeniería electrónica, Universidad del Quindío, scasdonac@uqvirtual.edu.co.
- **Jeferson Loaiza Rodríguez**, Estudiante de ingeniería electrónica, Universidad del Quindío, scasdonac@uqvirtual.edu.co.
- **Marisol Gómez Cano**, Ingeniera Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Magister en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira, línea de profundización en Automática. Profesora Asistente. Consejera Rama Estudiantil IEEE. solgc@uniquindio.edu.co.
- **César Augusto Álvarez Gaspar**, Ingeniero Electrónico de la Universidad del Quindío. Magister en Ingeniería de la Universidad Autónoma de Manizales, en la línea de Mecatrónica y Control. Profesor Asistente. caalvarez@uniquindio.edu.co.



Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

