

# Prototipo de Monitoreo y Alarma para la Detección de Heladas Blancas en Sectores Rurales de Sogamoso.

Fabián Andrés Salamanca Figueroa, Willmar Arbey Suarez Rodriguez, Christian Camilo Cárdenas Gamboa, Oliverio Duran

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Sogamoso, Colombia

Universidad de Pamplona (UNIPAMPLONA), Yopal, Colombia

fabian.salamanca@openmailbox.org, willmar.suarez@uptc.edu.co, christian.cardenas@uptc.edu.co, oliverio.duran@uptc.edu.co

**Abstract**—El presente artículo muestra el diseño de un prototipo de monitoreo y alarma que permite la detección de heladas blancas y sirve de base para el desarrollo de un prototipo que posibilite la detección y predicción de heladas negras. El dispositivo, muestra las variables atmosféricas de temperatura y humedad, las comunica a un servidor local (Broker) mediante WiFi y el protocolo MQTT, éste a su vez retransmite la información útil a otros dispositivos finales, como celulares y computadoras. El sistema es capaz de alertar mediante una alarma y permitir la comunicación de estos eventos a los diferentes dispositivos finales. Para lograr ésto, fue necesario seleccionar los dispositivos, tecnologías y protocolos convenientes, realizar un diseño y validarlo por medio de la emulación de las condiciones de temperatura y humedad adecuadas.<sup>1</sup>

**Palabras clave** — Agricultura, Heladas, IoT, MQTT, 802.11, Servidor.

## I. INTRODUCCIÓN

En Colombia, las heladas se presentan generalmente en los altiplanos de los departamentos de Cundinamarca, Nariño y Boyacá. Estos descensos significativos de la temperatura ambiente, especialmente en horas de la madrugada, queman los cultivos y en la mayoría de los casos, no es posible la prevención por parte del campesinado. En el año 2015, el 30% de los cultivos y pastos en la región central del departamento de Boyacá fueron quemados por el hielo [1], se estima que la afectación llega ser de 5000 hectáreas de cultivos de hortalizas, legumbres y frutas, otras 6000 Hectáreas de papa y 8000 en pastizales. La consecuencia directa de este fenómeno es la pérdida de cultivos por congelamiento, lo que se traduce en menor productividad y, por ende, desabastecimiento de alimentos en algunas centrales de abastos del país y su consecuente subida de precio. Además, desanima la inversión en el sector Agro y afecta la economía familiar campesina.

Entre los métodos usados para la protección de cultivos en áreas rurales esta la implementación de sistemas meteorológicos, las cuales constan de diferentes mini-estaciones gobernadas por una estación central que procesan la información obtenida, generando alarmas por la aparición de vientos Zonda o por la llegada de heladas. Este sistema logra predecir con varias horas de antelación la posible formación de heladas[2]. De la misma manera, la predicción de las heladas se pueden llevar a cabo, desplegando sensores a través de los

cultivos como en el del proyecto PECH[3], Estas formas de monitoreo, generalmente suelen hacer uso del Internet de las cosas (IoT), [4] las cuales se están implementando en Europa, en cultivos de vino, creando sistemas Eco Inteligentes, [5] estos dispositivos pueden hacer uso de una conexión Ethernet, WiFi, ZigBee, Z-Wave, o Bluetooth, con la finalidad de poder enviar y recibir información de los datos obtenidos por los sensores. [6] [7]

Para alcanzar el objetivo del prototipo funcional, primero se realizó una selección apropiada de tecnologías, protocolos y dispositivos. Posteriormente, se diseñó y validó el prototipo mediante una prueba en campo, obteniendo los valores de temperatura y humedad en un periodo de 12 horas. Dado que no se presentaron las condiciones de helada, se procedió la emulación del sistema, donde se modificaron los valores de temperatura y humedad, corroborando que el sistema de alarma (buzer) se activa adecuadamente respecto al cambio de las variables y que los dispositivos finales permiten visualizar el estado de alarma y variables como temperatura y humedad.

## II. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS, PROTOCOLOS Y DISPOSITIVOS

Se implementaron tecnologías inalámbricas en base al protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport) debido a que consume muy poco ancho de banda y puede integrarse en la mayoría de dispositivos. Dentro de las tecnologías inalámbricas, Wi-Fi y Bluetooth son las más económicas, mientras que ZigBee es más costosa. WiFi resulta ser la mas adecuada para el sistema por su tasas de transferencia y alcance. [10][11]

Uno de los principales protocolos usados en IoT, es el MQTT, el cual se caracteriza por tener gran flexibilidad y está orientado a la comunicación de sensores, además de consumir poco ancho de banda y puede ser utilizado en la mayoría de dispositivos. Este protocolo clasifica los elementos que participan en la red en divulgadores, suscriptores y Brokers (servidores).

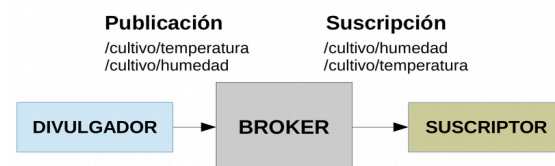


Figura 1. Protocolo MQTT

Los divulgadores y suscriptores envían y reciben información respectivamente, Figura 1. Estos siempre se conectan a un tercer

participante, denominado Broker el cual es un servicio (software) que implementa el protocolo MQTT y que establece la comunicación; hace de intermediario entre los divulgadores y los suscriptores.

TABLA 1:  
SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS Y DISPOSITIVOS

CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE UTILIZADO				
		DHT22	RASPBERRY PI 3	ESP8266
Precio en dólares	en	\$6.5	\$35	\$8.7
Tamaño		14X18X5.5 mm	8.6X5.4X1.7	21X11mm
Memoria		N/A	1 GB	80k
Voltaje entrada	de	3.3Vdc ≤ Vc c ≤ 6Vdc	5V	3.3V
Sistema Operativo /firmware		N/A	Raspbian	MycoPython
Rango Medida Temperatura		-40°C a 80°C	N/A	N/A
Precisión Temperatura		<+/-0.5°C	N/A	N/A
Rango medida Humedad		de 0 a 100% RH	N/A	N/A
Precisión Humedad		2% RH	N/A	N/A

En la Tabla 1, se destacan características como: el consumo energético, conectividad, estándares, costo y otras que resultan ser representativas para el diseño del sistema.

Estas plataformas de desarrollo abiertas, involucran facilidad de programación, buena integración con otros dispositivos, sin embargo, tienen que estar adaptadas a ambientes externos.

### III. DISEÑO DEL SISTEMA

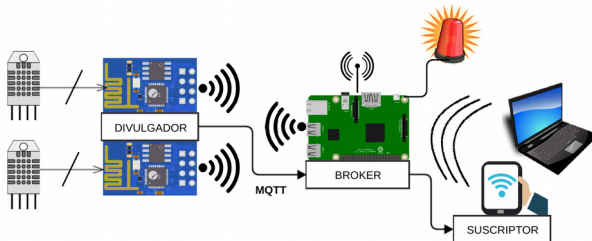


Figura 2. Diagrama bloques del sistema

Este sistema está compuesto por un divulgador el cual trasmite los datos obtenidos por los sensores DHT22 mediante protocolo MQTT (Sobre el protocolo 802.11) a un bróker (servidor). El usuario puede visualizar los valores de temperatura y humedad a través de un suscriptor, el cual puede ser un dispositivo móvil. Así mismo cuando la temperatura se enciente por debajo de los 0 °C y la humedad de mas del 60% de humedad relativa[9] se activa una alarma. Figura2.

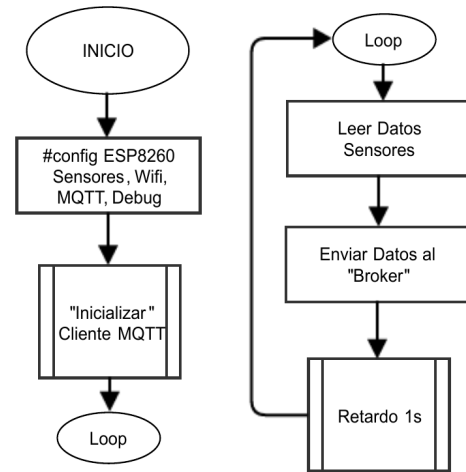


Figura 3. Algoritmo del dispositivo divulgador.

La lógica del software que gobierna el dispositivo divulgador<sup>2</sup> (ESP8266), Figura 3; en primer lugar, realiza la configuración de los sensores, WiFi, MQTT. Una vez inicializado el cliente MQTT, el sistema entra en bucle infinito, el sensor (DHT22) realiza la lectura de temperatura y humedad, estos datos son enviados al Broker haciendo uso del protocolo 802.11n y MQTT.

Se implementa la lógica en el lenguaje MicroPython por sus características, como su flexibilidad, portabilidad y gran cantidad de librerías estándar.

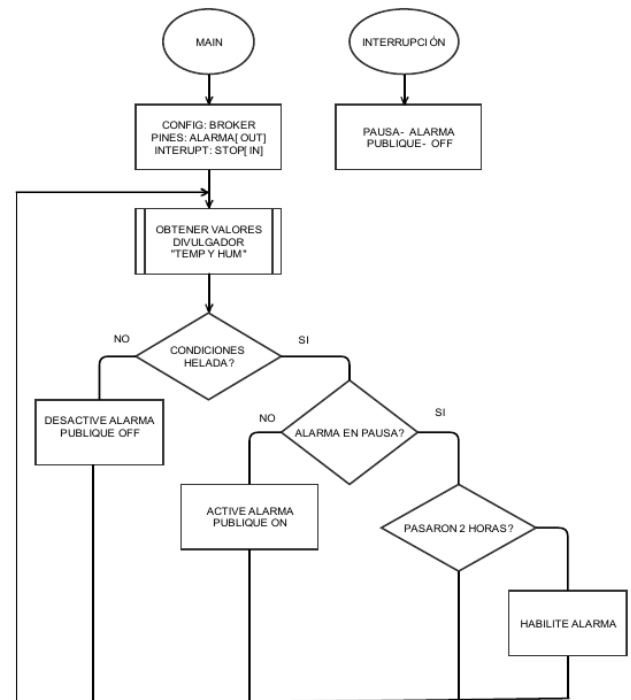


Figura 4. Algoritmo Broker

La Raspberry pi 3, utiliza el sistema operativo Debian GNU/Linux (Raspbian) frente a otras alternativas como ubuntu, Fedora (Pidora), Arch Linux, entre muchas otras. Raspbian destaca por tener la

<sup>2</sup> <https://github.com/fandres/Monitor-heladas/blob/master/Code/main.py>

comunidad más grande, un consumo eficiente de los recursos del sistema, ser modular, flexible y poseer buen soporte y documentación. A si mismo se implementa el Broker MQTT haciendo uso del software Mosquitto. Se configuró la Raspberry pi con el propósito de activar los servicios de MQTT y el punto de acceso WiFi automáticamente. De igual modo se desarrolló un script en Python, Figura 4<sup>3</sup>, que se encarga de gestionar la información enviada por los divulgadores con el fin de determinar si existe una helada en desarrollo, si es así, alertar mediante un Buzzer al usuario, con la opción de pausar (mediante un pulsador) esta alarma por 2 horas. Por último el script reenvía la información que el suscriptor requiere, como temperatura, humedad y el estado de alarma.

#### IV. PROTOTIPO FUNCIONAL

En la Figura 5, tanto la unidad central (Broker) como la unidad divulgadora (ESP8266) cuentan con una carcasa, que dan protección a los componentes internos.

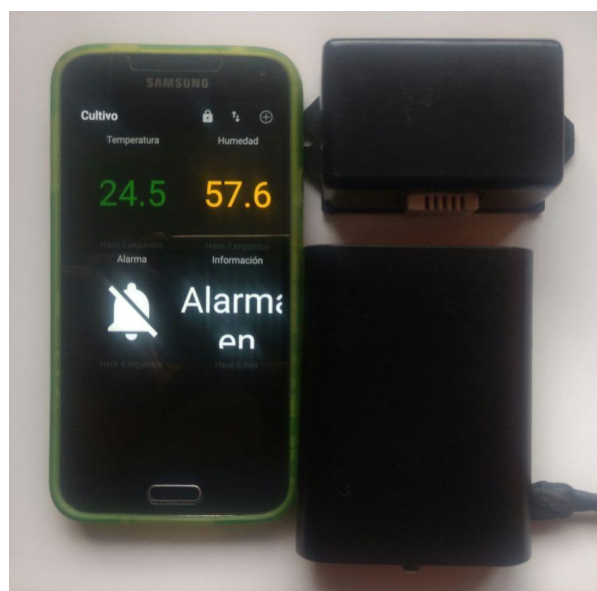


Figura 5: Prototipo Funcional

En la parte inferior derecha se observa el broker, éste internamente está compuesto por la raspberry pi 3 y el sistema de alarma (buzzer), éstos son alimentados con energía externa, que la suministra un cargador de pared que entrega 5V a 2 Amp, así mismo sobresaliendo de la carcasa está un pulsador, con el cual se pausa la alarma. En la parte superior derecha se muestra el sistema divulgador compuesto por el sensor de temperatura y humedad (en blanco), el cual se ubica en la parte exterior de la carcasa, mientras que la parte interior se encuentra el ESP8266, alimentado por una batería de litio recargable de 2600 mAh. El sistema, también está integrado con un dispositivo móvil, para este caso, con un smartphone que hace uso del software MQTT Dash, que actúa como cliente MQTT y permite visualizar la temperatura, la humedad y el estado de alarma (On/Off).

La Figura. 6, muestra la captura de datos como resultado del funcionamiento del prototipo en un periodo de 12 horas, para la cual, no se presentaron las condiciones atmosféricas de una helada blanca, aunque es de destacar que la humedad alcanzó un pico de 89% y la temperatura un mínimo de 9 Grados.

<sup>3</sup> [https://github.com/fandres/Monitor-heladas/blob/master/Broker/python\\_paho\\_broker.py](https://github.com/fandres/Monitor-heladas/blob/master/Broker/python_paho_broker.py)

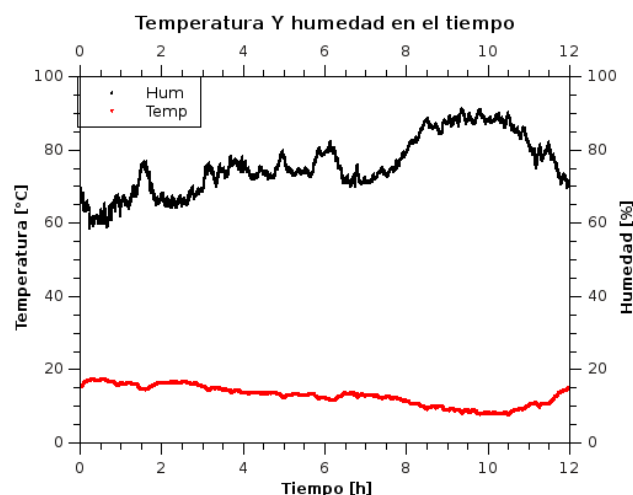


Figura 6: Monitoreo de Temperatura y Humedad

Para corroborar el funcionamiento correcto del sistema de alarma se establecieron condiciones de temperatura y humedad específicas (27°C y 55%) de tal manera que elevando la temperatura se activara la alarma, el resultado fue el esperado tanto para la activación del buzzer como para la visualización en el smartphone.

A futuro se espera la inclusión de nuevas variables atmosféricas que además de monitorear, posibiliten la predicción de heladas blancas y negras. De igual modo es posible adaptar una pantalla que muestre la información y que permita realizar ajustes o configuraciones. Se puede optimizar el sistema de alimentación, que cuente con baterías recargables de mayor capacidad y paneles solares de tal forma que brinde mayor autonomía. La información recolectada por los diferentes sistemas, puede centralizarse gracias a IoT y el almacenamiento en la nube, lo que permite al usuario acceder a los archivos desde cualquier lugar y en cualquier momento.

#### V. CONCLUSIONES

Se realizó un sistema capaz de monitorear y responder ante condiciones específicas de una helada blanca, permitiendo visualizar las variables físicas y alertar al usuario mediante un sistema de alarma.

El prototipo diseñado es flexible, dado que admite la inclusión de nuevas variables ambientales, permitiendo la detección y predicción de heladas negras con la posibilidad de ser adaptado a nuevas condiciones de monitoreo de cultivos. Asimismo es escalable ya que permite integrar varios módulos divulgadores.

La implementación del protocolo MQTT abre puertas para el diseño de nuevas herramientas que permitan monitorizar y controlar diferentes variables atmosféricas, así mismo su implementación en diferentes áreas sin mayor complejidad.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] El Tiempo, "Heladas afectan a Boyacá - Archivo Digital de Noticias de Colombia y el Mundo desde 1.990 - eltiempo.com," 2017, 2017. [Online]. Available: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15072617>. [Accessed: 19-May-2017].
- [2] A. Lage and J. C. Correa, "Weather station with cellular communication network," in *2015 XVI Workshop on Information Processing and Control (RPIC)*, 2015, pp. 1–5.
- [3] K. Brun-Laguna *et al.*, "A Demo of the PEACH IoT-based Frost Event Prediction System for Precision Agriculture," *2016 13th Annu. IEEE Int. Conf. Sensing, Commun. Netw.*, pp. 1–3, Jun. 2016.
- [4] G. Suciú, O. Fratu, A. Vulpe, C. Butca, and V. Suciú, "IoT agro-meteorology for viticulture disease warning," in *2016 IEEE International*

*Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom)*, 2016, pp. 1–5.

[5] J. Pérez-Expósito, T. Fernández-Caramés, P. Fraga-Lamas, and L. Castedo, “VineSens: An Eco-Smart Decision-Support Viticulture System,” *Sensors*, vol. 17, no. 3, p. 465, Feb. 2017.

[6] J. C. Ortega, “Desarrollo De Un Prototipo De Adquisición De Variables Ambientales En Cultivos Hidropónicos De Lechuga, Mediante Una Red De Sensores, Utilizando Un Sistema Embebido,” *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1–160, 2014.

[7] M. Francisco and P. Lpsap, “PATHFI : Sistema portátil de monitoreo de temperatura , humedad relativa , presión atmosférica y altitud utilizando el protocolo Wi-Fi Email address ;,” pp. 2014–2015, 2014.

[9] R. L. Snyder and J. P. de Melo-Abreu, *Protección contra las heladas*:, vol. 1. Roma, 2010.

[10] Wi-Fi Alliance. (2015). Wi-Fi Alliance. Recuperado el 20 de Febrero de 2015, de <http://www.wi-fi.org/>

[11] Cano, E. M. (2012). Diseño y Desarrollo del Sistema de entrenamiento. 326.