

10.30972/eitt.917726

Monitoreo de condiciones ambientales en invernaderos con tecnología IoT

Sosa, G. M. ^{1 3}, Molteni Morales, G. ², Vizcaychipi, V. ¹, Chiozza, J. A. ² y Pisarello, M. I. ² (*)

Resumen

Este artículo presenta el diseño e implementación de un prototipo de red de sensores de temperatura y humedad aplicados a invernaderos paisajísticos. Las muestras de datos realizadas por los sensores son enviadas a un servidor para luego presentarlas en una interfaz web amigable para el usuario no experto, para la visualización de los datos. El prototipo representa la base para futuras pruebas y estudios para su implementación totalmente sumergida en invernaderos, invernaderos paisajísticos o microclimas controlados.

Palabras clave: LoRa, LoRaWAN, Gateway, Nodo, TTN, Estrés por temperatura, Red de sensores, Ambientes controlados.

Abstract

This paper presents the design and implementation of a prototype network of temperature and humidity sensors applied to landscaping greenhouses. The data samples made by the sensors are sent to a server to later present it in a friendly web interface for the non-expert user, for data visualization. The prototype represents the basis for further testing and studies for fully immersed implementation in greenhouses, landscaping greenhouses, or controlled microclimates

Keywords: LoRa, Gateway, Node, TTN, Temperature stress, Sensor networks, Controlled environments.

1. Integrante de PFI 2022. Exp.-2022-83966760-APN-DDYGD#MCT. N° de convenio:CR-9-PFI-2022.

2. Departamento de Ingeniería. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE.

3. Autor de correspondencia: Gaston Martin Sosa. E-mail: sosagastonm@gmail.com

(*) Cómo citar este artículo: Sosa, G. M., Morales, G. M., Vizcaychipi, V., Chiozza, J. A. y Pisarello, M. I. (2023). *Monitoreo de condiciones ambientales en invernaderos con tecnología IoT*. Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica: claves para el desarrollo, 9(1), 33-40. <https://doi.org/10.30972/eitt.917726>

Introducción

Debido al aumento de temperatura a causa del calentamiento global, las plantas pueden sufrir estrés, lo que ocasiona consecuencias directas en el crecimiento y metabolismo de las plantas. El estrés por altas temperaturas se define como el aumento de la temperatura más allá de un umbral crítico durante un período de tiempo suficiente para causar daños irreversibles al crecimiento y desarrollo de las plantas (Hasanuzzaman *et al.*, 2013). En los invernaderos de paisajismo es crucial mantener condiciones ambientales óptimas para una variedad de plantas y elementos decorativos. La atención cuidadosa de factores como la temperatura, la humedad, la iluminación y la ventilación, así como la prevención de enfermedades y plagas, son esenciales para lograr el éxito en este tipo de entorno y requieren de cuidados especiales y en algunos casos, de costos elevados de mantenimiento. En invernaderos no automatizados, mantener los valores de temperatura y humedad óptimos para cada cultivo es un desafío. Es por esto que los procesos de crecimiento pueden ralentizarse y comprometer los niveles de productividad (Lenschak & Iglesias, 2019).

Conociendo las necesidades e inconvenientes que tienen las condiciones ambientales de estos ambientes, se propone una solución tecnológica que ha tenido un amplio desarrollo en los últimos años y que tiene múltiples aplicaciones, la IoT (Talavera, 2017).

Otros trabajos de aplicación de tecnología IoT para el monitoreo de invernaderos también refieren a la eficiencia energética de la tecnología (Singh *et al.*, 2020) y al uso de la computación en la nube (Vatari *et al.*, 2016). Por otra parte, Danita *et al.* (2018) diseñan un sistema de monitoreo de invernaderos que lee y envía datos de sensores utilizando *ThingSpeak* a través de una conexión wi-fi. En continuidad con esta corriente de avance tecnológico y desarrollo, se plantea el diseño de un sistema electrónico para mejorar la gestión y el control de un invernadero. Esta solución utiliza tecnologías asequibles como microcontroladores y sensores para realizar un monitoreo continuo de las condiciones de riego y del clima en el interior del invernadero. Esto se logra mediante la instalación de sensores de temperatura y humedad, tanto para el aire como para el suelo. Para ello se utilizó el protocolo LoRaWAN[®] que se basa en la capa física LoRa[®] y permite enviar información con un bajo consumo energético y ser recibida a largas distancias gracias a sus altos niveles de sensibilidad (Ochoa *et al.*, 2017).

De esta manera se busca la integración de un sistema de comunicación inalámbrica, cuyas características más importantes son el aprovechamiento del bajo consumo energético y las largas distancias a cubrir.

El objetivo final es realizar una red inalámbrica con alta eficiencia, tal como lo es un sistema IoT, mediante la construcción de nodos finales que permitan el envío de mensajes en enlace ascendente con sensores de temperatura y humedad, la construcción Gateway concentrador capaz de operar en hasta 8 canales (permitiendo así la conexión con al menos 100 nodos finales).

Materiales y Métodos

En este apartado se describen los dispositivos GATEWAY y NODO FINAL, el sensor DHT22 utilizado y el SERVIDOR de red, todos estos necesarios para establecer la comunicación inalámbrica a largas distancias y visualización de los datos de manera sencilla desde internet.

Los sensores son los encargados de capturar los parámetros y convertirlos en señales para que el dispositivo final (nodo) transmita en enlace ascendente a través de LoRa® con protocolo LoRaWAN®, donde son recibidos por los Gateways. El Gateway envía los enlaces de radio al back-end (servidor), fig.1

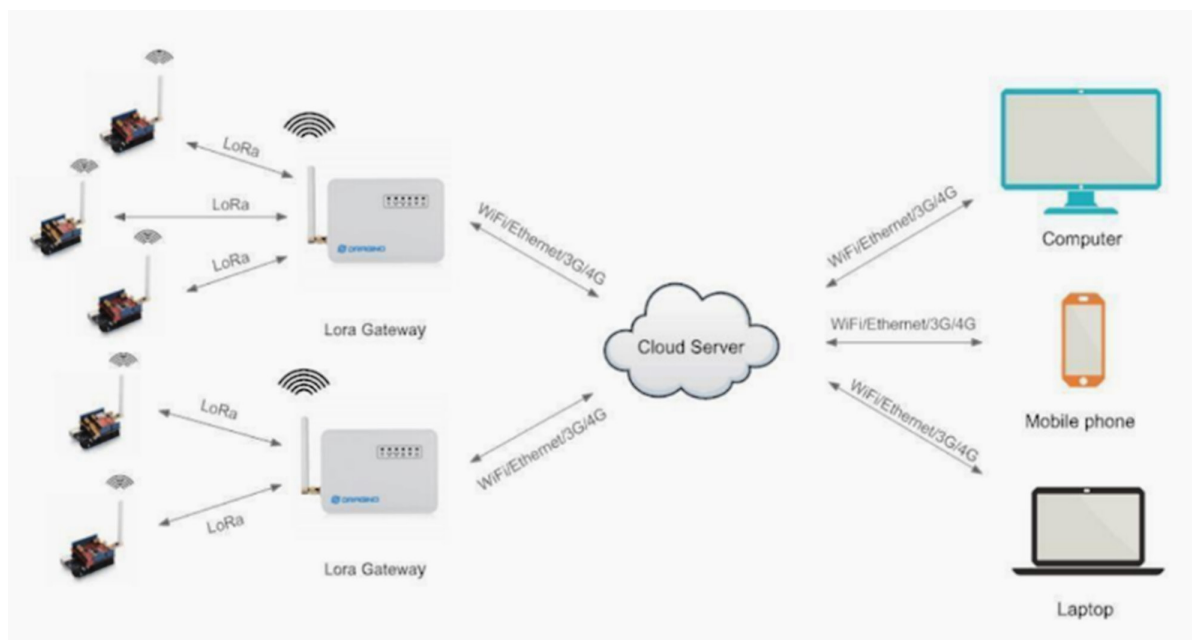


Fig. 1. Sistema propuesto

A. Gateways

Un gateway es un dispositivo dentro de la arquitectura de red que tiene un módulo de transmisión LoRa, y que tiene como objetivo fundamental redirigir la información entre Internet y los nodos que se comuniquen con él y viceversa.

Para la implementación del hardware de Gateway (concentrador-pasarela) se conformó principalmente por una placa Raspberry Pi 3 Model B+ (host) y un módulo Pi hat concentrador RAK2245. Este dispositivo tiene la capacidad de recibir paquetes de diferentes dispositivos finales, así como envío de paquetes con diferentes factores de propagación (SF) hasta en 8 (ocho) canales en paralelo.

B. Nodo

Un nodo final LoRaWAN es un dispositivo que permite comunicarse con una puerta de enlace LoRa en una red de comunicación LoRaWAN, generalmente a largas distancias y alimentadas con batería, recordando que la principal característica de esta tecnología es el bajo consumo.

Los dispositivos terminales basados en LoRa están equipados con una placa de circuito de nodo LoRa, un módulo de radio y antena para la comunicación de señal inalámbrica con la puerta de enlace LoRa.

El dispositivo utilizado fue Arduino MKR WAN 1300 el cual ha sido diseñado para ofrecer una solución práctica y rentable buscando agregar conectividad LoRa a sus proyectos con una mínima experiencia previa en redes.

C. Sensores

El DHT22 es un sensor digital de medición de temperatura y humedad. Este sensor está basado en un termistor que sirve para medir el aire circundante (temperatura) e implementa un sensor interno capacitivo para la medición de humedad.

Utiliza una técnica exclusiva de recolección de señal digital y tecnología de detección de humedad y puede superar la señal digital calibrada. El tamaño pequeño, el bajo consumo y la larga distancia de transmisión (20 metros) permiten que el sensor se adapte a todo tipo de aplicaciones. Arduino MKR WAN 1300 es capaz de funcionar con o sin las baterías conectadas y tiene un consumo de energía limitado.

Resultados

Se realizaron las pruebas correspondientes para conseguir el sensado de temperatura y humedad que son enviados estos datos a través del sistema de comunicación LoRaWAN® buscado. Además de poder visualizar los datos exhibidos de una manera clara para un usuario no experto y desde cualquier dispositivo conectado a internet

El primer paso consistió en asegurar una adecuada comunicación entre el nodo final y el Gateway, y visualización de los datos; se terminó con la caracterización de los parámetros del enlace a distintas distancias obtenidos en las pruebas.

La SNR se puede calcular utilizando la siguiente fórmula y, a menudo, se expresa en decibelios (dB), (1):

$$\text{SNR (dB)} = P \text{ señal recibida (dBm)} - P \text{ ruido (dBm)} \quad (1)$$

Si el RSSI está por encima del ruido de fondo, el receptor puede demodular fácilmente la señal.

Se han realizado pruebas en diferentes épocas del año a lo largo de 9 meses. A medida que se ajustaron parámetros en el enlace de dichas pruebas. Se mostrarán los resultados obtenidos de muestras a 6m, 15m, 55m y 70m.

Pruebas a 6 m de distancia con vista entre NODO FINAL y Gateway: Se tomó una muestra de aproximadamente 1 (una) hora, en la que los datos fueron enviados cada 1 minuto a una distancia de 6 metros entre los dispositivos participantes de la comunicación.

Los valores obtenidos tienen una RSSI entre -80dBm y -86dBm , fig.2. Los resultados obtenidos tienen valores de SNR entre 10dB y 2dB .

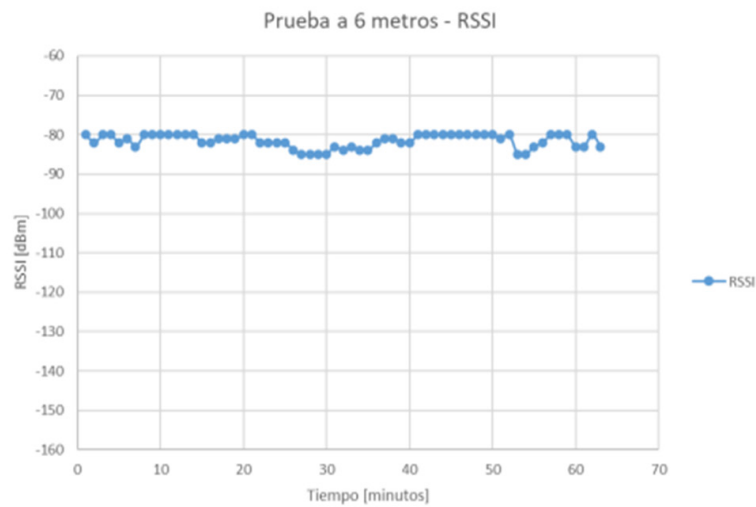


Fig. 2. Valores obtenidos del sistema

Estos valores son suficientemente adecuados, tanto en la intensidad de señal recibida como en la relación señal ruido, es decir que el receptor podrá demodular la señal de manera óptima. Esto se puede explicar por la cercanía de los dispositivos y que se encuentran en línea vista, fig. 3.

Pruebas a 15m de distancia con vista entre NODO FINAL y Gateway: Se tomó una muestra de aproximadamente 1 (una) hora, en la que los datos fueron enviados cada 1 minuto a una distancia aproximada de 15 metros. Los valores obtenidos tienen una RSSI entre -104dBm y -119dBm , fig. 3.

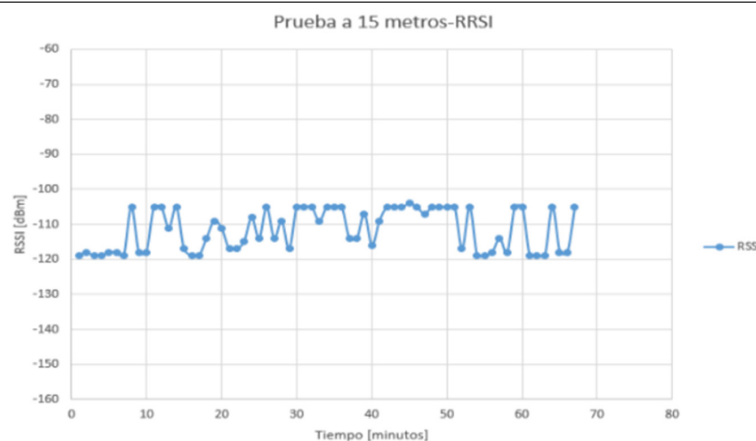


Fig. 3. Valores obtenidos del sistema prueba a 15 metros RSSI.

En las fig. 3 y 4, se muestran los datos medidos a 15m de distancia. Estos valores aún son adecuados, es decir que el receptor es capaz de demodular la señal de manera óptima. ya que tanto la intensidad de señal recibida como en la relación señal ruido están dentro de los valores de sensibilidad de los dispositivos comerciales. Los valores obtenidos tienen una SNR entre 7dB y -1dB .

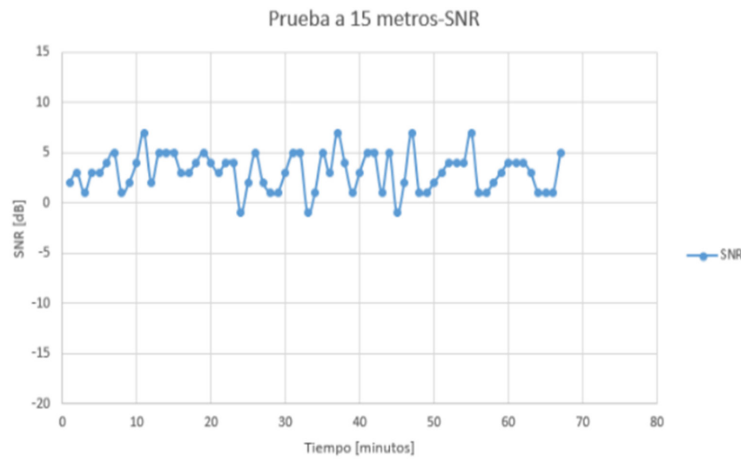


Fig. 4. Valores obtenidos del sistema. Prueba a 15 metros SNR

En la fig. 5, se muestran las pruebas a 55 m de distancia con vista entre NODO FINAL y Gateway: Se tomó una muestra de 1 hora, en la que los datos fueron enviados cada 1 minuto a una distancia aproximada de 55 metros. Los valores obtenidos tienen una RSSI entre -127dBm y -130dBm.

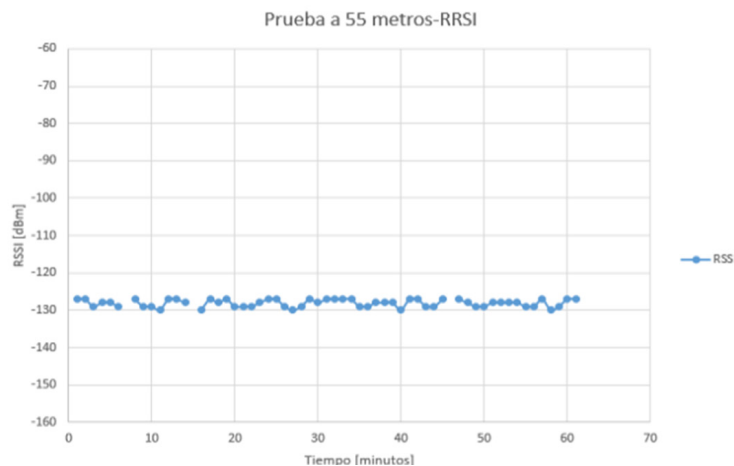


Fig. 5. Valores obtenidos del sistema prueba a 55 metros RSSI.

En la fig. 6, se muestran los valores medidos a una distancia de 55m. Los datos obtenidos tienen una SNR entre -5dB y -18dB.

En este caso el receptor demodula la señal pero se encuentra en el límite, ya que tanto en la intensidad de señal recibida como en la relación señal ruido están en sus puntos mínimos de sensibilidad y algunos puntos no fueron leídos.

A 70m no se ha logrado la comunicación y esto se puede deber a varios puntos de falla como el conexionado de la antena del gateway y el poco manejo con respecto a la potencia del nodo final. Se puede apreciar entonces un cambio en la intensidad de señal recibida (RSSI) con respecto a las pruebas con línea vista, a 15m y a 55m.

En cambio, la relación señal ruido no posee una variación significativa entre 6m

y 15m pero si a 55m, esto podría indicar que el piso de ruido se encuentra más cerca trabajando a 55m que con respecto a las primeras pruebas.

De esta manera, se pueden contrastar los valores de señal obtenidos en las pruebas, demostrando que las señales recibidas son lo suficientemente fuertes a menor distancia como para obtener una buena conexión inalámbrica desde el transmisor.

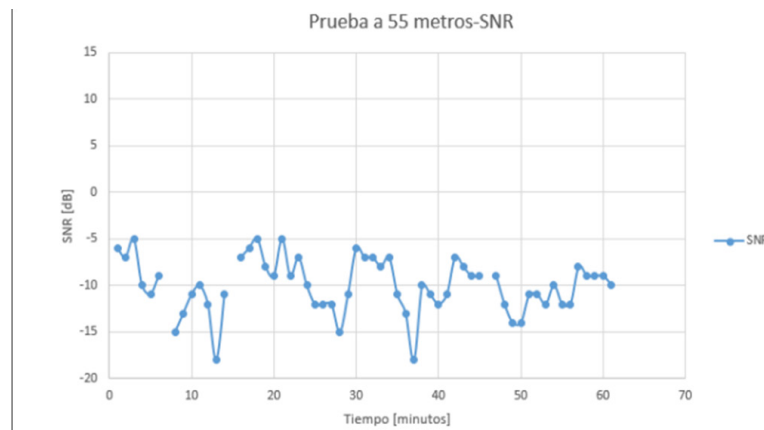


Fig. 6. Valores obtenidos del sistema. Prueba a 55 metros SNR.

Conclusiones

Los resultados demuestran que se logró un enlace óptimo entre el gateway (uno de los 25 activos en Argentina) y el nodo en el invernadero.

A su vez, con estos resultados se puede proyectar mejoras a implementar en un futuro al sistema, para así poder aumentar la implementación en más invernaderos.

El sistema diseñado y construido, se utilizó como base para poder proyectar un sistema completo, donde se pueda implementar en una red que se encuentre en el orden de los 80 nodos, así poder tomar varios tipos de muestras.

Debido a las múltiples posibilidades se recomienda ensayar más opciones con respecto a la utilización de otras antenas con mayores capacidades, mayores potencias, con el fin de aumentar la longitud de cobertura del sistema.

Referencias

Danita, M., Mathew, B., Shereen, N., Sharon, N., & Paul, J. J. (2018, June). *IoT based automated greenhouse monitoring system*. In 2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS) (pp. 1933-1937). IEEE.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2013). *Extreme temperature responses, oxidative stress and antioxidant defense in plants*. Abiotic stress-plant responses and applications in agriculture, 13, 169-205.

Lenscak, M. P., & Iglesias, N. B. (2019). *Invernaderos: tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino* (del paralelo 23 al 54). INTA Ediciones.

Ochoa, M. N., Guizar, A., Maman, M., & Duda, A. (2017, October). *Evaluating LoRa energy efficiency for adaptive networks: From star to mesh topologies*. In 2017 IEEE 13th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob) (pp. 1-8). IEEE.

Singh, R. K., Berkvens, R., & Weyn, M. (2020, January). *Energy efficient wireless communication for IoT enabled greenhouses*. In 2020 International Conference on COMMunication Systems & NETWORKS (COMSNETS) (pp. 885-887). IEEE.

Talavera, J. M., Tobón, L. E., Gómez, J. A., Culman, M. A., Aranda, J. M., Parra, D. T., ... & Garreta, L. E. (2017). *Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields*. Computers and Electronics in Agriculture, 142, 283-297.

Vatari, S., Bakshi, A., & Thakur, T. (2016, May). *Green house by using IOT and cloud computing*. In 2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT) (pp. 246-250). IEEE.