

MONITOREO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD AMBIENTAL CON LORAWAN: IoT EN EL DESAFÍO ENERGÉTICO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

ENVIRONMENTAL TEMPERATURE AND HUMIDITY MONITORING WITH LORAWAN: IoT IN THE ENERGY CHALLENGE AND CLIMATE CHANGE

Jonam Leonel Sánchez Cuevas¹, Medaly Marlene Guerrero Castillo², Luis Javier Mona Peña³, Omar Sánchez Jácome⁴, Ariana Elizabeth Velasco Pacheco⁵.

¹Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Electrónica (Telecomunicaciones). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Saltillo, Departamento de Sistemas y Computación. jonam.sc@saltillo.tecnm.mx, (844) 288-9460, Blvd. Venustiano Carranza, Priv. Tecnológico 2400, C.P. 25280 Saltillo, Coahuila, México.

²Estudiante de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Saltillo, Departamento de Sistemas y Computación. med191@outlook.es, (844) 288-9460, Blvd. Venustiano Carranza, Priv. Tecnológico 2400, C.P. 25280 Saltillo, Coahuila, México.

³Maestría en Ciencias en Ingeniería Electrónica. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Saltillo, Departamento de Sistemas y Computación. luis.mp3@saltillo.tecnm.mx, (844) 288-9460, Blvd. Venustiano Carranza, Priv. Tecnológico 2400, C.P. 25280 Saltillo, Coahuila, México.

⁴Maestría en Educación Superior. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Saltillo, Departamento de Sistemas y Computación. omar.sj@saltillo.tecnm.mx, (844) 288-9460, Blvd. Venustiano Carranza, Priv. Tecnológico 2400, C.P. 25280 Saltillo, Coahuila, México.

⁵Maestría en Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Saltillo, Departamento de Sistemas y Computación. ariana.vp@saltillo.tecnm.mx, (844) 288-9460, Blvd. Venustiano Carranza, Priv. Tecnológico 2400, C.P. 25280 Saltillo, Coahuila, México.

Resumen – El artículo de investigación propone un sistema que utilice el Internet de las cosas (IoT) para monitorear la temperatura y la humedad. El objetivo es recopilar datos precisos y en tiempo real sobre estas variables ambientales. La transmisión y la visualización de datos son posibles gracias a los múltiples componentes interconectados del sistema.

En primer lugar, se utiliza un sensor de temperatura y humedad para recopilar datos ambientales. El sensor transmite los datos vía inalámbrica a un Gateway LoRaWAN, que sirve como punto de acceso a la red de comunicación. El Gateway utiliza un protocolo de red de baja potencia y de largo alcance (LoRaWAN) para recibir datos de larga distancia y de una manera eficiente.

El Gateway envía los datos de temperatura y humedad mediante la red al servidor The Things Network (TTN), una plataforma de IoT que permite la gestión de datos y de dispositivos. Y dentro de TTN, el protocolo de mensajería MQTT envía datos a Node-RED, una herramienta de programación visual basada en flujos. Node-RED procesa y envía los datos en una base de datos InfluxDB.

InfluxDB es una base de datos de series temporales para almacenar variables como en este caso la temperatura y humedad. Finalmente, Grafana, una plataforma de análisis y visualización de datos, se utiliza para mostrar los datos almacenados en InfluxDB. Node-RED, InfluxDB y Grafana se montan a un servidor local, en este caso una Raspberry Pi que actúa como un servidor.

Los resultados muestran la importancia de la visualización de datos. La temperatura y la humedad se monitorean continuamente y en tiempo real, lo que permite realizar un análisis detallado de las condiciones climáticas. Esto es relevante para la gestión de la energía y el cambio climático porque proporciona información útil para la toma de decisiones.

Palabras Clave: IoT, LoRaWAN, temperatura, humedad, cambio climático.

Abstract – The research article proposes a system that uses the Internet of Things (IoT) to monitor temperature and humidity. The goal is to collect accurate, real-time data on these environmental variables. Data transmission and visualization are made possible by the many interconnected components of the system.

First, a temperature and humidity sensor is used to collect environmental data. The sensor transmits the data via wireless to a LoRaWAN Gateway, which serves as an access point to the communication network. The Gateway uses a Low Power Long Range Network (LoRaWAN) protocol to receive data over long distances in an efficient manner.

The Gateway sends temperature and humidity data over the network to The Things Network (TTN) server, an IoT platform that enables data and device management. And within TTN, the MQTT messaging protocol sends data to Node-RED, a stream-based visual programming tool.

Node-RED processes and sends the data in an InfluxDB database.

InfluxDB is a time series database to store variables such as temperature and humidity. Finally, Grafana, a platform for data analysis and visualization, it is used to display the data stored in InfluxDB. Node-RED, InfluxDB and Grafana are mounted to a local server, in this case a Raspberry Pi acting as a server.

The results show the importance of data visualization. Temperature and humidity are monitored continuously and in real time, allowing detailed analysis of weather conditions. This is relevant to energy management and climate change because it provides useful information for decision making.

Keywords – IoT, LoRaWAN, temperature, humidity, climate change.

INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental se define como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. [1]. Y es uno de los grandes desafíos del presente, pues pone en riesgo los recursos comunes del mundo: la atmósfera, los océanos, los polos y la biodiversidad. El clima se altera hasta el punto de que se exceden los rangos de variabilidad sostenible de la temperatura y las precipitaciones, y la composición de la atmósfera se modifica, lo que amenaza a todos los seres vivos que habitan la tierra y el mar [2].

Para responder a los desafíos del cambio climático, México, al igual que 196 países, suscribió y ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) desde 1993, con ello se comprometió a cumplir con los lineamientos establecidos en ese instrumento y, a partir de 2020, se adhiere al Acuerdo de París, el primer acuerdo universal y jurídicamente vinculante que tiene por objetivo a largo plazo mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C hacia la mitad del siglo; de ser posible, limitar el aumento a 1.5 °C, lo que reducirá considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático y logrará que las emisiones globales alcancen su nivel máximo cuanto antes. Transformar este acuerdo en acciones conlleva un proceso exhaustivo, de medición, planeación, construcción de escenarios, toma de decisiones, ejecución de tareas y, sobre todo, seguimiento y evaluación constante [3].

La OMM predice que hay 20% de probabilidad de que el aumento de las temperaturas supere temporalmente los 1,5°C a partir de 2024 [4].

El cambio climático está afectando la temperatura ambiente y la humedad en todo el mundo, haciéndolo más

cálido y húmedo. Como parte del estudio, los investigadores consideraron el impacto del cambio climático en el uso de energía del aire acondicionado para 2050 [5].

En la actualidad, la búsqueda de soluciones innovadoras para monitorear y controlar variables ambientales clave como la temperatura y la humedad ha sido impulsada por la preocupación por el cambio climático y la gestión eficiente de la energía.

En este contexto, el Internet de las Cosas (IoT) describe la red de objetos físicos ("cosas") que llevan incorporados sensores, software y otras tecnologías con el fin de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet [6]. En sí, el IoT ha emergido como una herramienta poderosa que permite la recolección de datos en tiempo real y el análisis de datos pertinentes para abordar estos problemas.

El objetivo de la investigación es desarrollar un sistema de monitoreo de temperatura y humedad basado en Internet de las cosas que integre una variedad de tecnologías y plataformas. Un sensor especializado en este sistema captura los datos ambientales y los transmite a un punto central llamado Gateway LoRaWAN. LoRaWAN es protocolo de red que usa la tecnología LoRa, para redes de baja potencia y área amplia, LPWAN (Low Power Wide Area Network) empleado para comunicar y administrar dispositivos LoRa. El protocolo LoRaWAN se compone de Gateway y nodos, en donde los nodos son los dispositivos finales [7]. El Gateway transmite los datos recopilados a Node-RED, una plataforma de desarrollo visual, utilizando el protocolo MQTT y The Things Network (TTN). Node-RED procesa y envía los datos a InfluxDB, una base de datos diseñada para almacenamiento y gestión eficiente de series temporales. Por último, los datos se muestran y analizan con Grafana, una herramienta de visualización de datos personalizable.

El problema que abordamos en esta investigación es la necesidad de un sistema confiable y escalable para el monitoreo de la temperatura y la humedad que permita la recolección, el almacenamiento, la visualización y el análisis de datos de manera eficiente. La falta de un monitoreo preciso dificulta el seguimiento de estas variables ambientales en varios entornos, lo que limita los esfuerzos para comprender y atenuar los efectos del cambio climático.

Los objetivos de este trabajo son crear e implementar un sistema de monitoreo de temperatura y humedad ambiental basado en el Internet de las cosas, almacenar los datos en tiempo real, así como crear una interfaz de visualización para generar información relevante en la

medición, toma de decisiones, seguimiento y evaluación constante en el tema de energía y cambio climático.

La justificación de este trabajo reside en su contribución para comprender mejor la gestión eficiente de la energía y el cambio climático. La disponibilidad de datos precisos y en tiempo real sobre la temperatura y la humedad en varios puntos de la ciudad o población permitirán la toma de decisiones para optimizar el uso de los recursos energéticos y crear estrategias de adaptación y atenuación del cambio climático. Además, la integración de tecnologías emergentes como Internet de las cosas, y sus herramientas como MQTT, Node-RED, InfluxDB y Grafana abre un amplio abanico de posibilidades para futuras investigaciones y desarrollos en este campo.

DESARROLLO

Para el desarrollo del proyecto consta de las siguientes herramientas de hardware y software:

Hardware

Gateway Multitech

El Gateway Multitech conecta miles de dispositivos de IoT a la nube mediante el protocolo LoRaWAN®. Él expande la cobertura de la red LoRa a áreas de difícil acceso y es capaz de reenviar paquetes de datos de usuario entre dispositivos finales LoRa y un servidor de red ubicado centralmente en la nube, en un centro de datos o en una red pública [8]. Ver Figura 1.



Figura 1. Gateway Multitech MTCAP-915-041

Sensor de temperatura y humedad LHT65N LoRaWAN

El sensor de temperatura y humedad LoRaWAN LHT65N es un sensor LoRaWAN de largo alcance. Incluye un sensor de temperatura y humedad incorporado y tiene un conector de sensor externo para conectarse a un sensor de temperatura, permite a los usuarios enviar datos y alcanzar rangos extremadamente largos. Proporciona comunicación de espectro ensanchado de rango ultra largo y alta inmunidad a las interferencias al tiempo que minimiza el consumo de corriente [9]. Este sensor cuenta con un sensor interno SHT31 para la

temperatura y humedad denominado SHT (Sensirion Humidity and Temperature) y un sensor de temperatura externo DS18B20 denominado DS (Digital Sensor). Ver Figura 2.



Figura 2. Sensor LHT65N

Raspberry Pi

Consiste en una placa base que soporta distintos componentes de un ordenador como un procesador ARM de hasta 1500 MHz, un chip gráfico y una memoria RAM de hasta 8 GB [10]. En este proyecto el Raspberry Pi actúa como un servidor en el cual estarán cargadas las herramientas principales de software. Ver Figura 3.



Figura 3. Raspberry Pi

Software

Servidor The Things Network

The Things Network proporciona un conjunto de herramientas abiertas y una red abierta global para crear su próxima aplicación IoT a bajo costo, con la máxima seguridad y lista para escalar. Es un servidor de red LoRaWAN que es el componente crítico para cualquier solución LoRaWAN. Utilizado por miles de empresas y desarrolladores de todo el mundo, gestiona de forma segura las aplicaciones, los dispositivos finales y las puertas de enlace y está desarrollado por The Things Industries [11]. Ver Figura 4.

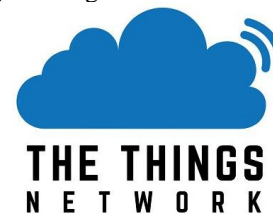


Figura 4. The Things Network (logo)

MQTT Broker

El protocolo MQTT proporciona un método ligero para enviar mensajes utilizando un modelo de publicación/suscripción. Esto lo hace adecuado para la mensajería de Internet de las cosas, como sensores de baja potencia o dispositivos móviles como teléfonos, computadoras integradas o microcontroladores [12]. Ver Figura 5.



Figura 5. MQTT Broker (logo)

Node-RED

Es una herramienta de programación para conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea de formas nuevas e interesantes.

Proporciona un editor basado en navegador que facilita la conexión de flujos mediante la amplia gama de nodos de la paleta que se pueden implementar en su tiempo de ejecución con un solo clic [13]. Ver Figura 6.

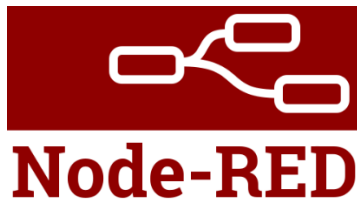


Figura 6. Node-RED (logo)

InfluxDB

Es un servicio de base de datos de series temporales elástico, eficaz y totalmente gestionado. El almacenamiento y el cómputo se adaptan automáticamente a sus cargas de trabajo, por lo que no hay infraestructura que administrar. Este servicio de base de datos ingiere miles de millones de puntos de datos por segundo con cardinalidad ilimitada. La compatibilidad con SQL acelera el desarrollo de consultas y aplicaciones [14]. Ver Figura 7.



Figura 7. InfluxDB (logo)

Grafana

Con Grafana puede crear, explorar y compartir todos sus datos a través de hermosos paneles flexibles. Puede tomar cualquiera de sus datos existentes, ya sea de su clúster de

Kubernetes, Raspberry Pi, diferentes servicios en la nube o incluso Hojas de cálculo de Google, y visualizarlos como desee, todo desde un único tablero o dashboard.

Se basa en el principio de que los datos deben ser accesibles para todos en su organización, no solo para la persona de Operaciones. Ayuda a facilitar una cultura en la que las personas que los necesitan pueden usar y acceder fácilmente a los datos, lo que ayuda a romper los silos de datos y empoderar a los equipos [15]. Ver Figura 8.



Figura 8. Grafana (logo)

Uno de los aspectos importantes en el desarrollo del proyecto es la utilización de la tecnología inalámbrica LoRa (Long Range) que utiliza el protocolo de red LoRaWAN (Long Range Wide Area Network).

El protocolo LoRaWAN se compone de gateways y nodos:

- Gateways (antenas): son los encargados de recibir y enviar información a los nodos.
- Nodos (dispositivos): son los dispositivos finales que envían y reciben información hacia el Gateway [16]. Ver Figura 9.

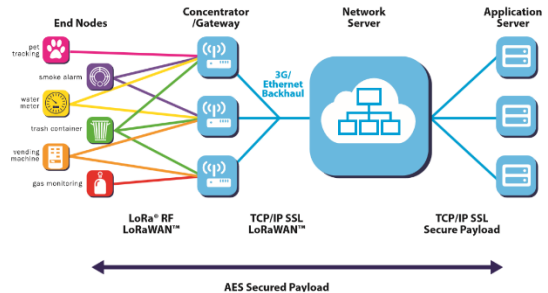


Figura 9. Arquitectura LoRa

Un Gateway LoRa en otras palabras es el mediador entre los nodos y la red de Internet. Los gateways LoRa soportan hasta 10000 nodos en un rango de hasta 10 Km a la redonda, y la batería de los nodos o dispositivos puede durar hasta 5 años [17].

En la Figura 10 se muestran los múltiples componentes interconectados del sistema. A continuación, se describe el desarrollo del proyecto en base a la secuencia mostrada en la figura 10.

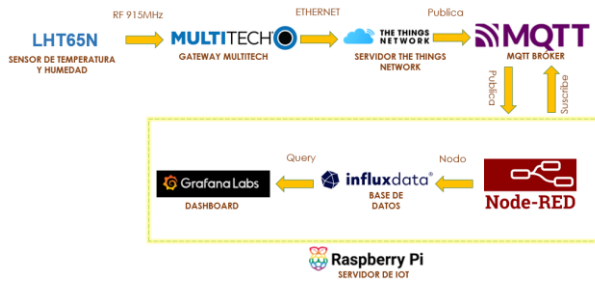


Figura 10. Diagrama de objetos

- El sensor de temperatura y humedad captura la información ambiental de esas variables y manda esos datos al Gateway Multitech mediante radiofrecuencia en la banda de 915Mhz.
- El Gateway actúa como un puente entre el sensor y la red de comunicación. Recibe los datos del sensor y los envía mediante Ethernet al servidor The Things Network (TTN).
- El servidor de TTN recibe los datos enviados por el Gateway y procesa y gestiona los mensajes LoRaWAN de temperatura y humedad, para posteriormente mandarlos a un servidor que facilita la comunicación entre dispositivos, el cual es llamado bróker MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).
- Node-RED se suscribe al broker MQTT para recibir los datos de temperatura y humedad y realiza acciones en función de ellos. Node-RED

envía los datos de temperatura y humedad a la base datos InfluxDB para su almacenamiento.

- Grafana se conecta a InfluxDB y recupera los datos almacenados para su posterior visualización.
- La Raspberry Pi actúa como un servidor en el cual están montados Node-RED, InfluxDB y Grafana.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Figura 11 se muestra la visualización de la plataforma Node-RED, la cual contiene el flujo de conexiones y programación necesaria para recibir la información del bróker MQTT y enviar los datos a InfluxDB.

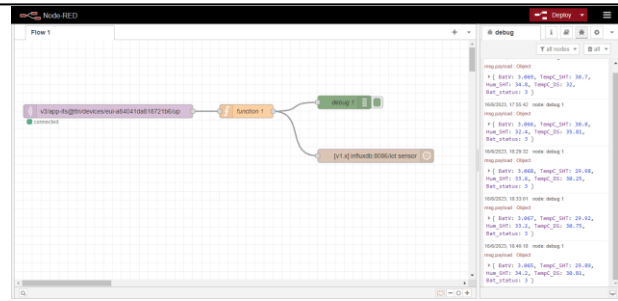


Figura 11. Flujo de conexiones en Node-RED

Una vez los datos se encuentren en InfluxDB, estos son enviados a la plataforma de graficación Grafana. Los siguientes resultados de la plataforma Grafana son los obtenidos en las últimas treinta y seis horas.

En la Figura 12 se muestra la temperatura SHT, que es la temperatura que captura el sensor interno del dispositivo LHT65N. Primordialmente se observa una temperatura oscilante entre los 30 y 32 grados centígrados.

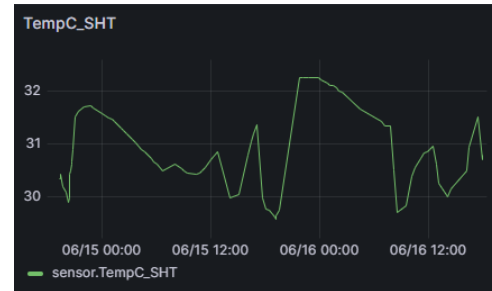


Figura 12. Temperatura SHT

En la Figura 13 se muestra la temperatura DS, que es la temperatura que captura el sensor externo del dispositivo LHT65N. Primordialmente se observa una temperatura oscilante entre los 30 y 32 grados centígrados, con algunos picos de temperatura, ya que por ser un sensor externo puede ser manipulado o expuesto a ciertas situaciones para obtener rangos de temperatura más elevados.

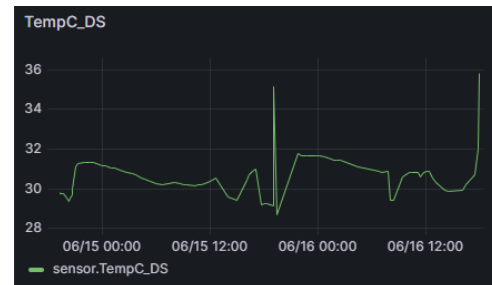


Figura 13. Temperatura DS

En la Figura 14 se muestra la humedad relativa SHT, que es la humedad que captura sensor interno del dispositivo LHT65N. Primordialmente se observa una humedad relativa entre los 25 y 35% de humedad.

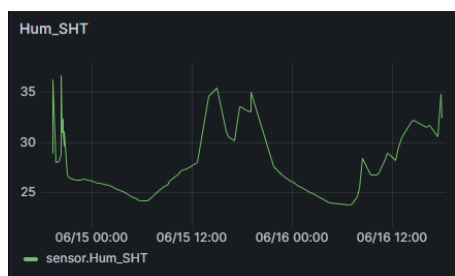


Figura 14. Humedad SHT

En la Figura 15 se muestra el estado de la batería del dispositivo de sensado LHT65N, en donde 0 significa Ultra baja, 1 significa Baja, 2 significa OK y 3 significa Buena. En este caso el estado de la batería es 3, lo que significa que el estado de la batería es bueno.

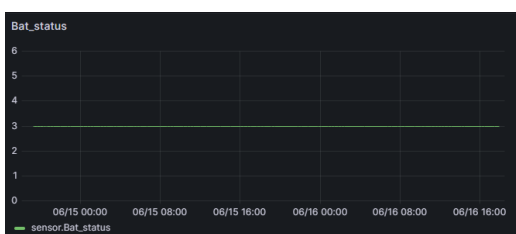


Figura 15. Estado de la Batería

En la Figura 16 se muestra el voltaje actual de la batería del dispositivo de sensado LHT65N. En este caso el voltaje de la batería del dispositivo de sensado primordialmente oscila entre 3.065 a 3.069 volts.

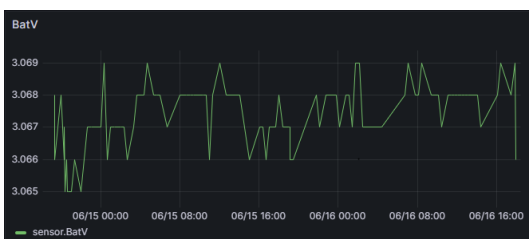


Figura 16. Batería

En la Figura 17 se muestra el dashboard general con todas las gráficas mostradas anteriormente.



Figura 17. Dashboard Grafana

Finalmente, en la Figura 18 se muestra parte del almacenamiento de datos en InfluxDB.

```
USE iot
Using database iot
> SELECT * FROM sensor
name: sensor
time                BatV    Bat_status Hum_SHT Temp_DS TempC_SHT
-----
1686709870786343063 3.065 3         35.7   31.12  31.2
1686709887722369190 3.065 3         36.1   31.12  31.25
1686710034959542832 3.066 3         29.9   30.56  31.3
```

Figura 18. Datos en InfluxDB

De acuerdo con estudios realizados [18] en donde se implementó un sistema de monitoreo de variables que influyen en un cultivo de hortalizas bajo invernadero y basado en la tecnología LoRaWAN y MQTT, podemos afirmar que los resultados obtenidos al utilizar dichas tecnologías permiten monitorear de manera efectiva las variables de los sensores involucrados. También en estudios realizados [19] en donde se utiliza la tecnología LoRaWAN para el monitoreo del ambiente se concluye que esta tecnología permite evaluar el impacto que este puede llegar a tener sobre algunas actividades como lo es la agricultura a gran escala, ya que se puede añadir sensores de radiación UV, de calidad de aire y sensores de lluvia para tener un mayor registro de datos que permita evaluar las condiciones climatológicas y su impacto ambiental. En la investigación [20] en donde se utiliza la tecnología LoRaWAN para proporcionar información de parámetros ambientales, se observa, que al igual que nuestra investigación se almacenan los datos en una base de datos llamada InfluxDB. Sin embargo, en ninguna de estas anteriores investigaciones se muestra un sistema completo en donde se monitoreen los datos, se almacenen los datos y se grafiquen en tiempo real, utilizando un servidor local (Raspberry Pi) el cual recibe la información mediante la tecnología MQTT como lo es en nuestra investigación.

CONCLUSIONES

En conclusión, este estudio ha presentado el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de temperatura y humedad con un enfoque en el cual se puedan tomar decisiones importantes en la gestión de la energía y el cambio climático. Se han logrado cumplir los objetivos mediante la combinación de herramientas del Internet de las cosas.

El sistema creado ha demostrado ser una herramienta efectiva y confiable para recopilar datos en tiempo real. El uso de Gateways LoRaWAN ha facilitado la comunicación inalámbrica de largo alcance y baja potencia, lo que facilita el monitoreo en varias ubicaciones y mejora la vida útil de la batería de los dispositivos remotos. Una de las cosas más importantes es que con un solo Gateway Multitech y una antena industrial podríamos tener hasta 10000 sensores en un rango de hasta 10 km.

La Raspberry Pi, Node-RED, InfluxDB y Grafana han dado una solución completa para el procesamiento y visualización de datos recolectados. La visualización de los resultados se ha vuelto más fácil con Grafana, que

permite un análisis detallado de las tendencias de temperatura y humedad a lo largo del tiempo.

EL sistema creado es una herramienta útil para la investigación y la toma de decisiones en el contexto de la energía y el cambio climático. Ofrece una solución completa y eficiente para la adquisición, almacenamiento, procesamiento y visualización de datos de temperatura y humedad. Este sistema puede contribuir significativamente a la comprensión de datos y que a su vez aporte significativamente a los desafíos energéticos y el cambio climático, impulsando un futuro más sostenible, gracias a su capacidad de monitoreo y análisis precisos en tiempo real.

Como un trabajo futuro se recomienda adquirir más sensores para conformar un ecosistema de medición en tiempo real del entorno, lo cual permitirá tener diferentes puntos de medición a lo largo de una ciudad o población en la cual se requiera saber de forma general un promedio de mediciones de temperatura y humedad. Así mismo se podrán conseguir sensores de otros tipos, como por ejemplo de monóxido de carbono, dióxido de carbono, partículas suspendidas y más para tener diferentes mediciones a lo largo y ancho del entorno del cual se requiere hacer las mediciones precisas y en tiempo real.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Impacto Ambiental y Tipos de Impacto Ambiental. Gobierno de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>
- [2] Bárcena Alicia, Samaniego José Luis, Wilson Peres José Eduardo, Alatorre. Emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago: CEPAL; 2019. Recuperado de: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/19-00711_lbc_160_emergencia-cambio-climatico_web.pdf
- [3] De Valle Del Bosque Gabriela. (01 febrero 2022). Las emisiones de gases de efecto invernadero en Saltillo. Recuperado de: <http://www.implansalttillo.mx/gui/articulos/articulo.php?r=67>
- [4] ONU Programa para el medio ambiente. (21 enero 2022). El aumento de las temperaturas mundiales es alarmante. Reportaje Nature Action. Recuperado de: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/el-aumento-de-las-temperaturas-mundiales-es-alarante>
- [5] ACR Latinoamérica. (02 agosto 2022). Analizan el impacto del control de la humedad en las emisiones de gases de efecto invernadero. Recuperado de: [\[humedad-en-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero.html#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20est%C3%A1%20afectando,del%20aire%20acondicionado%20para%202050.\]\(#\)](https://www.acrlatinoamerica.com/2022080218291/noticias/empresas/analizan-el-impacto-del-control-de-la-</p></div><div data-bbox=)

[6] Oracle México. Supply Chain Management-Internet de las cosas (IoT). Recuperado de:

<https://www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot/>

[7] CATSENSORS Servidores e instrumentación industrial. Tecnología Lora Y Lorawan. Catsensors. Keller Decelntlab Atek.. Recuperado de:

<https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>

[8] Multi-Tech Systems, Inc. MTCAP-LNA3-915-041 and MTCAP-915-041 User Guide. Recuperado de:

<https://www.multitech.com/documents/publications/user-guides/S000725.pdf>

[9] Dragino. (20 junio 2023). LHT65N LoRaWAN Temperature&Humidity Sensor. Recuperado de:

<https://www.dragino.com/products/temperature-humidity-sensor/item/224-lht65n.html>

[10] Calvo Leticia. (10 marzo 2022). ¿Qué es una Raspberry PI y para qué sirve?. Recuperado de:

<https://es.godaddy.com/blog/que-es-raspberry-pi/>

[11] The Things Network. Learn about LoRaWAN: the secure messaging protocol used by The Things Network. Recuperado de:

<https://www.thethingsnetwork.org/docs/>

[12] Eclipse Mosquitto. An open source MQTT broker. Recuperado de: <https://mosquitto.org/>

[13] Node-RED. Documentation. Recuperado de: <https://nodered.org/docs/>

[14] INFLUXBD. InfluxData documentation.

Recuperado de: https://docs.influxdata.com/?_gl=1*1uii53t*_ga*MTM2NTA0NDgyOS4xNjg3MzYyMDk4*_ga_CNWQ54SDD8*MTY4NzY2MjMjA5OC4xLjAuMTY4NzY2MjMjEwNy41MS4wLjA

[15] GRAFANA. Recuperado de: <https://grafana.com/grafana/?plcmt=footer>

[16] CATSENSORS Servidores e instrumentación industrial. Tecnología Lora Y Lorawan. Catsensors. Keller Decelntlab Atek.. Recuperado de:

<https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>

[17] The things Network.(11 febrero 2019). The things network. Recuperado de :

<https://www.youtube.com/watch?v=Q2So47rLQgg>

[18] Pérez Reyes Freddy Josué (2023). Sistema automatizado de control y monitoreo basado en tecnología LoraWAN y MQTT para el cultivo de hortalizas bajo invernadero. Documentos en línea. Universidad Técnica De Ambato.

Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37738/1/t2180ec.pdf>

[19] Maraveas Chrysantos, Application of Internet of Things (IoT) for Optimized Greenhouse Environments.

Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37738/1/t2180ec.pdf>

[19] Maraveas Chrysantos, Application of Internet of Things (IoT) for Optimized Greenhouse Environments.

Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/367058341_Aplicacion_de_internet_de_las_cosas_IoT_para_entornos_de_invernadero_optimizados

[20] Lluva Plaza Sergio (2021).Desarrollo de un sistema remoto de adquisición de datos basado en LoraWAN para aplicaciones IoT. Documentos en línea.

Universidad de Alcalá Escuela Politécnica Superior.

Recuperado de:

https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/49540/TFM_Lluva_%20Plaza_2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor(es)
Conceptualización	<ul style="list-style-type: none"> Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: principal. Medaly Marlene Guerrero Castillo. Grado de contribución: apoyo. Luis Javier Mona Peña. Grado de contribución: apoyo. Ariana Elizabeth Velasco Pacheco. Grado de contribución: apoyo.
Curación de datos	<ul style="list-style-type: none"> Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: principal Medaly Marlene Guerrero Castillo. Grado de contribución: igual.
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: principal. Medaly Marlene Guerrero Castillo. Grado de contribución: igual. Ariana Elizabeth Velasco Pacheco. Grado de contribución: igual.
Administración de proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: principal. Luis Javier Mona Peña. Grado de contribución: igual. Omar Sánchez Jácome. Grado de contribución: apoyo. Ariana Elizabeth Velasco Pacheco. Grado de contribución: apoyo.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> Luis Javier Mona Peña. Grado de contribución: principal. Omar Sánchez Jácome. Grado de contribución: igual. Ariana Elizabeth Velasco Pacheco. Grado de contribución: igual.
Software	<ul style="list-style-type: none"> Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: principal.

	Medaly Marlene Guerrero Castillo. Grado de contribución: igual.
Supervisión	<ul style="list-style-type: none"> Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: principal. Luis Javier Mona Peña. Grado de contribución: igual. Omar Sánchez Jácome. Grado de contribución: apoyo. Ariana Elizabeth Velasco Pacheco. Grado de contribución: apoyo.
Validación	<ul style="list-style-type: none"> Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: principal. Medaly Marlene Guerrero Castillo. Grado de contribución: igual.
Visualización	<ul style="list-style-type: none"> Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: principal. Medaly Marlene Guerrero Castillo. Grado de contribución: igual.
Redacción (Borrador original)	<ul style="list-style-type: none"> Ariana Elizabeth Velasco Pacheco. Grado de contribución: principal. Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: igual. Medaly Marlene Guerrero Castillo. Grado de contribución: igual
Redacción (Revisión y edición)	<ul style="list-style-type: none"> Ariana Elizabeth Velasco Pacheco. Grado de contribución: principal. Jonam Leonel Sánchez Cuevas. Grado de contribución: igual.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.