

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA DE TERRITORIOS INTELIGENTES PARA LA AGRICULTURA INTELIGENTE EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

Cristian Caleño V⁽¹⁾ Oscar Javier Briñez⁽²⁾ David Andrés Yepes⁽³⁾ Sindy Johana Vergara Rodríguez⁽⁴⁾...

1. Mg Internet of things, Ing. Electrónico, Centro de Industria y Construcción SENA Tolima. Instructor Informática y Telecomunicaciones. Grupo de investigación GIDIS. Ibagué, Colombia. ccaleno@sena.edu.co
2. Ing. Electrónico, Casas Automáticas SAS BIC. CEO. Grupo de investigación Territorios Inteligentes, Ibagué, Colombia. oscarbrinez@casasautomaticas.com
3. Ing. Electrónico, Casas Automáticas SAS BIC. Director de I+D+i. Grupo de investigación Territorios Inteligentes, Ibagué, Colombia. davidyepes@casasautomaticas.com
4. Ing. de Sistemas, GI Senagrotic Centro Agropecuario La Granja Sena Regional Tolima - Tecnoparque Tolima. Espinal - Tolima, Colombia. sjvergara@sena.edu.co

RESUMEN

La creciente adopción de la Internet de las Cosas (IoT) está teniendo un profundo impacto en diversos sectores, y la agricultura no es la excepción. IoT se refiere a la interconexión de dispositivos y sistemas a través de Internet con el fin de recopilar, analizar y actuar sobre datos en tiempo real. En este contexto, la tecnología de comunicación inalámbrica LoRaWAN se destaca como una herramienta esencial para conectar una gran cantidad de dispositivos en áreas geográficas extensas.

Este artículo se centra en el desarrollo de una plataforma web y la infraestructura de red requerida para el monitoreo y control de dispositivos IoT con conectividad LoRaWAN, con el objetivo de promover la modernización de la agricultura en las zonas rurales del Departamento del Tolima-Colombia.

Palabras Claves:

IoT, LoRaWan, Agricultura inteligente, territorios Inteligentes, ESP 32.

ABSTRACT

The increasing adoption of the Internet of Things (IoT) is profoundly impacting various sectors, and agriculture is no exception. IoT refers to the interconnection of devices and systems over the internet to collect, analyze, and act upon real-time data. In this context, LoRaWAN wireless communication technology stands out as an essential tool for connecting a multitude of devices across extensive geographic areas.

This article focuses on the development of a web platform and the required network infrastructure for monitoring and controlling IoT devices with LoRaWAN connectivity, aiming to promote the modernization of agriculture in the rural areas of the Tolima-Colombia Department.

Keywords: IoT, LoRaWAN, smart agriculture, smart territories, ESP32.

INTRODUCCIÓN

La creciente adopción de tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) está teniendo un impacto transformador en diversos sectores, y la agricultura no escapa a esta revolución. IoT, que significa Internet de las Cosas, se refiere a la interconexión de dispositivos y sistemas a través de Internet con el propósito de recopilar, analizar y actuar sobre datos en tiempo real. En este contexto, las áreas rurales del Departamento del Tolima tienen un potencial inmenso para aprovechar la implementación de soluciones de IoT y dar impulso a la agricultura inteligente.

Dentro de las tecnologías IoT más destacadas en estos entornos se encuentra la tecnología de comunicación inalámbrica LoRaWAN. Esta tecnología se distingue por ofrecer una conectividad de larga distancia y un consumo de energía extremadamente bajo, lo cual la convierte en una elección excepcional para entornos rurales. Esto significa que es posible conectar dispositivos distribuidos en vastas extensiones geográficas de manera eficiente y económica, lo que es especialmente relevante para zonas rurales del departamento del Tolima con infraestructuras de acceso a internet aun deficientes para este tipo de tecnologías.

En este artículo, se presenta un proyecto que demuestra cómo la tecnología LoRaWAN puede ser utilizada para construir una plataforma que facilita la implementación de territorios inteligentes. Esto se logra mediante la integración de sensores y sistemas de monitoreo y control de variables físicas relevantes en los procesos de producción agrícola, lo que permite una gestión más precisa y eficaz de los recursos agrícolas y, en última instancia, un aumento en el rendimiento de la producción.

ESTADO DEL ARTE

¹ dispositivos finales que recopilan datos en lugares geográficos distantes o distribuidos.

La aplicación de estas tecnologías de conexión masiva de dispositivos en áreas rurales ha estado en constante crecimiento, pero es importante tener un referente tecnológico que permita medir la eficiencia, fiabilidad y potencial de aplicación de estas tecnologías. En este sentido se destacan algunos proyectos de tecnología aplicada como el planteado por (Briciu-Burghina et al., 2022) denominado "Demonstrating the Potential of a Low-Cost Soil Moisture Sensor Network" donde se implementa una red de sensores de humedad del suelo de bajo costo para ayudar a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre el riego y optimizar el uso del agua en condiciones rurales, mejorando así la productividad agrícola.

(Sobhi et al., 2022) en su artículo "Vehicle-Mounted Fog-Node with LoRaWAN for Rural Data Collection"

Implementan un nodo de borde¹ Montado en Vehículo con conectividad LoRaWAN para la Recopilación de Datos en Zonas Rurales". El estudio analiza cómo la movilidad de las pasarelas afecta la comunicación en red a diferentes velocidades de movimiento arrojando una luz sobre cómo lograr una comunicación confiable en entornos rurales con dispositivos con altas velocidades de movimiento. Esto es especialmente interesante en la implementación de maquinaria agrícola impulsada por tractores.

Finalmente, El "Proyecto Calle Inteligente" llevado a cabo por la Alianza de Innovación Tecnológica destaca el potencial de la IoT en entornos urbanos. Este artículo pone de manifiesto cómo la recopilación de datos en tiempo real y la toma de decisiones basadas en datos pueden mejorar la eficiencia de las ciudades. Si bien el enfoque principal de este proyecto era impactar la gestión urbana, los principios de la IoT pueden extrapolarse a áreas rurales para mejorar la calidad de vida y la gestión de recursos naturales.

RESULTADOS

Como resultados del proyecto se distinguen 3 componentes principales:



Como resultados del proyecto se distinguen 3 componentes principales:

La elección y montaje de un punto de acceso para interconexión masiva de dispositivos, el desarrollo de una plataforma Web y el diseño y desarrollo de prototipos electrónicos con conectividad LoRaWAN para la integración en la plataforma Web.

Equipo de Acceso



Fig 1 Gateway Outdoor LoRaWan de 8 Canales UG67

El Gateway es el dispositivo central encargado de gestionar los datos recibidos desde los dispositivos finales. LoRaWAN implementa una topología de estrella, siendo el Gateway el equipo central de la topología quien retransmite los datos desde los dispositivos hacia la nube.

El equipo seleccionado está diseñado específicamente para exteriores y cuenta con 8 canales de recepción. Esta puerta de enlace utiliza el chip SX1302 LoRa y una CPU de cuatro núcleos de alto rendimiento. Estas características permiten la interconexión con más de 3000 nodos. tiene un alcance de hasta 15 km en línea de vista y puede cubrir aproximadamente 2 km en entornos urbanos. Esto significa que 3000 dispositivos electrónicos podrían tener conectividad a internet para el envío de información recopilada, fácilmente podemos hablar de miles de nodos en maquinaria impulsada por tractor, sensores en cultivos agrícolas, sensores de seguimiento de objetos en movimiento como semovientes y control de actuadores de diferentes procesos agrícolas como sistemas de válvulas de riego, por ejemplo.

² modelo utilizado para predicción de transmisión de señales en frecuencias VHF y UHF.

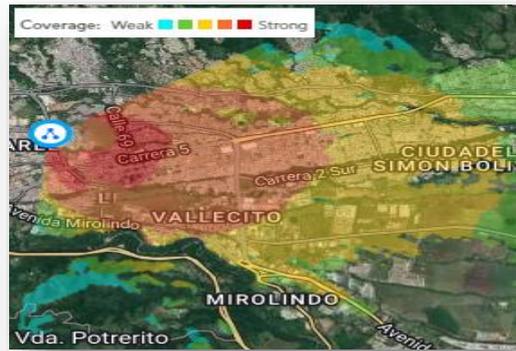


Fig 2 Mapa de cobertura del Punto de Acceso

Para tener un estimado de la zona de influencia, o la zona donde los dispositivos tienen mayor posibilidad de tener conexiones estables, se simula un mapa de cobertura o mapa de calor usando el modelo de estimación Okumura-Hata², un modelo que se considera muy adecuado para estimaciones en entornos urbanos. En la figura 2 se puede observar el resultado de la simulación, la zona de alta intensidad se destaca de color rojo. Este mapa de calor proyecta la estimación de cobertura actual del proyecto calle inteligente. Lo que resulta especialmente notable es que, a pesar de la densidad urbana, el estudio de cobertura muestra una probable extensión a lo largo de aproximadamente 10 kilómetros, desde el centro comercial Acqua hasta el sector Mirolindo. Este hallazgo es muy positivo, considerando que, en áreas rurales, la creación de una red menos densa y menos congestionada, junto con una menor interferencia electromagnética y obstáculos físicos, puede ofrecer un rendimiento aún más destacado.

Desarrollo de la plataforma.

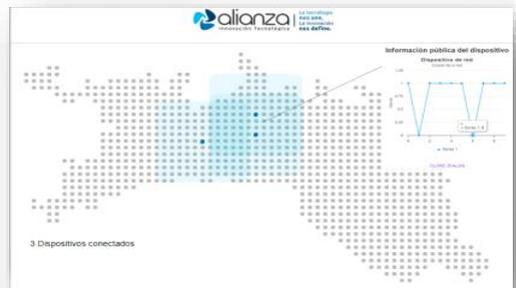


Fig. 3. Dashboard de visualización de dispositivos

El "Grupo Alianza de Innovación Tecnológica" ha logrado un avance significativo al desarrollar un robusto backend basado en microservicios, diseñado específicamente para abordar los desafíos de concurrencia en las redes LoRaWAN. Dada la naturaleza masiva de estas plataformas de conectividad, esta solución representa un rol importante en la gestión eficiente de una gran cantidad de dispositivos IoT.

Esta plataforma es fundamental en la gestión de la creciente cantidad de dispositivos conectados a través de redes LoRaWAN. Su arquitectura basada en microservicios ofrece una serie de ventajas clave, como la modularidad, disponibilidad, escalabilidad, redundancia y facilidad de adaptación a las cambiantes necesidades del mercado de IoT.

En la figura 3 se observa una captura de frontend del dashboard principal, se trata de un mapa de geolocalización de dispositivos, con la información detallada de la captura de los sensores distribuidos en determinadas zonas geográficas.

Es importante destacar que el frontend actual se ha diseñado como un mapa de concentración de dispositivos, concebido para visualizar de manera gráfica la información recopilada por sensores de acceso público, por ejemplo, sensores de calidad de aire, sensores de niveles de ruido, concurrencia de personas, alumbrado público entre otros. Sin embargo, en el contexto del desarrollo de aplicaciones personalizadas para clientes específicos, la arquitectura de microservicios permite que la plataforma funcione como un intermediario o middleware entre la infraestructura de la red LoRaWAN y las aplicaciones de los clientes. En otras palabras, la plataforma puede albergar entornos personalizados adaptados a intereses y proyectos específicos de cada cliente.

Diseño y fabricación de un nodo terminal



Fig. 4. Nodo terminal Fabricado

La tarjeta electrónica (figura 4), desarrollada como circuito impreso PCB de calidad industrial, doble capa de montaje SMD en su mayoría, juega un papel crucial para la integración de soluciones y recolección y envío de la información. Esta tarjeta utiliza un microcontrolador ESP32-S3-WROOM-1, fabricado por Espressif, en su versión con antena externa a través de un conector IPEX. Para mejorar el alcance de la cobertura inalámbrica se adicionó un transceptor lora SX1278 y para el caso de nodos Gateway se agregó un puerto ethernet para conectividad por cable al router de acceso a internet. La implementación de estos circuitos electrónicos es fundamental en el despliegue masivo de dispositivos, dado que los costos se han reducido significativamente frente a sensores comerciales actuales y permite implementar soluciones a la medida de los clientes futuros que se vayan integrando en la plataforma.

En este contexto, vale la pena destacar 2 proyectos que se han desarrollado para integrar en estas plataformas, aprovechando el uso de tecnologías IoT y además orientados hacia soluciones en el área agrícola.



Fig. 5. Vista superior pasera automatizada

Se destaca este caso de desarrollo de un sistema portátil automatizado para el secado eficiente del café llevado a cabo por el grupo Alianza E Innovación Tecnológica. En este proyecto se implementó una marquesina portátil con mecanismo automatizado para el volteo de café con conectividad Lora, Bluetooth y wifi mesh. Consiste en una conexión de una o múltiples paseras automatizadas para el volteo de café, un proyecto orientado a la tecnificación del sector rural cafetero de nuestro departamento (figura 11).

Otro proyecto a destacar es el “desarrollo de un kit tecnológico, que permite el manejo eficiente del agua en las explotaciones agrícolas en el departamento del Tolima”. El proyecto se enfoca en la automatización de los sistemas de riego para controlar los tiempos de suministro de agua y reducir los costos de producción, al mismo tiempo que se aporta a las políticas de reducción del impacto ambiental en actividades agrícolas, siendo este otro aporte importante de estas tecnologías a la agricultura del departamento.

CONCLUSIONES

La plataforma permite una gestión más eficiente de dispositivos que a su vez representan recursos agrícolas, proporcionando datos en tiempo real sobre condiciones climáticas y otros factores críticos. Esto ayudaría a los agricultores a optimizar prácticas, como el riego y la fertilización, promoviendo la sostenibilidad ambiental al reducir el desperdicio de agua y productos químicos, lo que se traduce en un aumento de la productividad.

Al permitir automatizar y monitorear ciertos procesos agrícolas, típicos de los cultivos, la plataforma contribuye a la reducción de costos operativos. Los agricultores pueden utilizar los recursos de manera más precisa y eficiente, lo que disminuye los gastos.

El proyecto destaca la viabilidad económica de estas soluciones al utilizar tecnología asequible, como la tecnología LoRaWAN. Esto hace que la adopción de IoT sea accesible para un mayor número de agricultores en zonas rurales.

La plataforma fomenta la innovación en la agricultura al integrar tecnología de vanguardia en las prácticas agrícolas tradicionales. Esto no solo aumenta la competitividad de la agricultura rural, sino que también brinda oportunidades de desarrollo tecnológico en la región.

REFERENCIAS

1. R. Yasmin, J. Petajajarvi, K. Mikhaylov, and A. Pouttu, “Large and dense LoRaWAN deployment to monitor real estate conditions and utilization rate,” in 2018 IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2018.
2. C. Briciu-Burghina, J. Zhou, M. I. Ali, and F. Regan, “Demonstrating the potential of a low-cost soil moisture sensor network,” *Sensors (Basel)*, vol. 22, no. 3, p. 987, 2022.
3. S. Sobhi, A. Elzanaty, A. M. Ghuniem, and M. F. Abdelkader, “Vehicle-mounted fog-node with LoRaWAN for rural data collection,” in 2022 IEEE 33rd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2022.
4. MileSight Network Technology Co and Ltd, “Semi-industrial LoRaWAN Gateway,” Milesight. [Online]. Available: <https://www.milesight-iot.com/LoRaWan/Gateway/ug65/>. [Accessed: 27-Oct-2023].
5. A. Pinto-Eraza, L. Suárez-Zambrano, F. Cuzme-Rodríguez, and E. Jaramillo-Vinueza, “Study case: LPWAN propagation power estimation in outdoor scenarios, based on the Okumura-Hata model,” in *Intelligent Technologies: Design and Applications for Society*, Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 113–123.
6. A. I. Tecnologica, “kit tecnológico, que permita el manejo eficiente del agua en las explotaciones agrícolas en el departamento del Tolima,” <https://alianzatic.org>, 2020. [Online]. Available: <https://alianzatic.org/proyectos>. [Accessed: 2023].
7. A. I. Tecnologica, “Calle Inteligente,” <https://alianzatic.org>, 2023. [Online]. Available: <https://alianzatic.org/proyectos>. [Accessed: 2023].
8. S. Sendra, L. García, J. Lloret, I. Bosch, and R. Vega-Rodríguez, “LoRaWAN network for fire monitoring in rural environments,” *Electronics (Basel)*, vol. 9, no. 3, p. 531, 2020.
9. M. Fragkopoulos, S. Panagiotakis, M. Kostakis, E. K. Markakis, N. Astyrakakis, and A. Malamos, “Experimental assessment of common crucial factors that affect LoRaWAN performance on suburban and rural area deployments,” *Sensors (Basel)*, vol. 23, no. 3, p. 1316, 2023.