
	<b>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</b> <b>GESTIÓN DE BIBLIOTECAS</b>						
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 1</b>

Neiva, 23 de septiembre del 2022

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El suscrito:

Luis Fernando Leiva Segura, con C.C. No. 1075316987. Autor del trabajo de grado titulado OPTIMIZACIÓN DE HARDWARE EN DISPOSITIVOS PARA MEDICIÓN REMOTA DE SERVICIOS PÚBLICOS presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.


Autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.






EL AUTOR/ESTUDIANTE: LUIS FERNANDO LEIVA SEGURA

Firma:

  
C.C. 1075316987

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	<b>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</b> <b>GESTIÓN DE BIBLIOTECAS</b>					   	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 3</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: OPTIMIZACIÓN DE HARDWARE EN DISPOSITIVOS PARA MEDICIÓN REMOTA DE SERVICIOS PÚBLICOS**  
**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Leiva Segura	Luis Fernando

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Sendoya Losada	Diego Fernando

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO ELECTRÓNICO**

**FACULTAD: INGENIERÍA**

**PROGRAMA O POSGRADO: ELECTRÓNICA**

**CIUDAD: NEIVA**

**AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022**

**NÚMERO DE PÁGINAS: 46**

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):






Diagramas\_\_X\_\_ Fotografías\_\_X\_\_ Grabaciones en discos\_\_\_\_ Ilustraciones en general\_\_X\_\_ Grabados\_\_\_\_  
 Láminas\_\_\_\_ Litografías\_\_\_\_ Mapas\_\_\_\_ Música impresa\_\_\_\_ Planos\_\_\_\_ Retratos\_\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_\_ Tablas  
 o Cuadros\_\_\_\_

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

**PREMIO O DISTINCIÓN** *(En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):*

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Diseño de Hardware	Hardware Design	6. Nodo	Node
2. Internet de las cosas	Internet of things	7. Servicios Públicos	Public Services
3. Radiofrecuencia	Radiofrequency	8. Energía eléctrica	Electric Energy
4. Servidor	Server	9. Usuarios	Users
5. Base de datos	Data Base	10. Recursos Naturales	Natural resources

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El presente proyecto expone el diseño y optimización del hardware de unos dispositivos diseñados para medición remota de servicios públicos, utilizando programas de diseño electrónico asistidos por computador, realizado con el fin de proponer una nueva versión capaz de ser competente en un mercado de medidores inteligentes de servicios públicos y de esta forma apoyar el área de desarrollo tecnológico de la empresa Integrasoft S.A.S.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

This project exposes the design and optimization of the hardware of some devices designed for remote metering of public services, using computer-aided electronic design programs, carried out in order to propose a new version capable of being competent in a market of smart meters of electricity. public services and thus support the technological development area of the company Integrasoft S.A.S.



### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: JOHAN JULIAN MOLINA MOSQUERA

Firma:

Nombre Jurado: JESUS DAVID QUINTERO POLANCO

Firma:



**OPTIMIZACIÓN DE HARDWARE EN DISPOSITIVOS PARA MEDICIÓN  
REMOTA DE SERVICIOS PÚBLICOS**

**Luis Fernando Leiva Segura**

Director:

Mag., Ing. Diego Sendoya  
Losada

Línea de la propuesta: IOT,  
Diseño de Hardware

Universidad Surcolombiana  
Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería  
Electrónica Neiva, Colombia  
2023

## Agradecimientos

Agradezco a mis padres Lucy Segura y Fernando Leiva por su incondicional apoyo emocional y financiero que me brindaron durante la carrera de inicio a fin, de no ser por ellos, habría podido culminar mi carrera profesional con las comodidades que siempre tuve.

Agradezco a mi amigo y compañero de universidad Alejandro Murcia Llanos, q. e. d. por haberme apoyado desde sus conocimientos en diseño electrónico, durante mi desarrollo de esta pasantía.

Agradezco al ingeniero Jimy Aguirre por haber sido mi guía durante todo el desarrollo de la pasantía, por haber compartido sus conocimientos y vasta experiencia en diseño electrónico y por enseñarme el potencial de lo que soy capaz de hacer cuando se hacen las cosas con dedicación y ganas de siempre aprender algo nuevo.

Agradezco a Jorge Hernán Salazar por haberme dado la oportunidad de participar en el proyecto Greenywave, por haberme permitido aportar de mis conocimientos en el desarrollo de este y por dejarme adquirir experiencia al estar en contacto directo con el desarrollo de proyectos tecnológicamente importantes a nivel regional.

# Contenido

<b>CONTENIDO .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
<b>4. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>19</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>44</b>

## Lista de figuras

<b>FIGURA 1: METODOLOGÍA DE INTEGRASOFT S.A.S .....</b>	<b>8</b>
<b>FIGURA 2: GATEWAY Y NODOS DISTRIBUIDOS DE UNA WSN .....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 3: TOPOLOGÍAS TÍPICAS DE UNA WSN .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 4: VERSIÓN PREVIA DISPOSITIVO PARA AGUA Y GAS .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 5: VERSIÓN PREVIA DE DISPOSITIVO PARA ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 6: VERSIÓN PREVIA DEL GATEWAY .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 7: VISTA PCB DE LA NUEVA VERSIÓN DEL DISPOSITIVO PARA AGUA Y GAS .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 8: BANCO DE PRUEBA AGUA Y GAS GREENYWAVE .....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 9: NUEVA VERSIÓN DE DISPOSITIVOS PARA AGUA Y GAS .....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 10: MODELO 3D DE LA NUEVA VERSIÓN DEL DISPOSITIVO PARA ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 11: NUEVA VERSIÓN DEL DISPOSITIVO PARA ENERGÍA ELÉCTRICA FABRICADA .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 12: BANCO DE PRUEBA PARA DISPOSITIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 13: VISTA DEL PCB LAYOUT DEL DISEÑO DEL GATEWAY .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 14: NUEVA VERSIÓN DE GATEWAY FABRICADA .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 15: NUEVA VERSIÓN DEL GATEWAY ENSAMBLADA .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 16: PANELIZADO DE PCB PARA RADIO RFM95 .....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 17: PCB DE RADIO RFM95 ENSAMBLADAS .....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 18: ANTENA PARA GATEWAY PILOTAJE ALCANOS .....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 19: ANTENA PILOTAJE DE ALCANOS TERMINADA .....</b>	<b>30</b>
<b>FIGURA 20: UBICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS GREENYWAVE EN EL MUNICIPIO DE GARZÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 21: PUNTO DE CONEXIÓN A INTERNET DEL GATEWAY PRINCIPAL DE GARZÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 22: INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS GREENYWAVE PARA ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 23: DISPOSITIVOS GREENYWAVE DE AGUA AFECTADOS POR LA INTEMPERIE .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 24: NUEVOS CONTENEDORES PARA DISPOSITIVOS DE AGUA DEL PILOTAJE DE GARZÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 25: VERIFICACIÓN NIVELES DE VOLTAJE DE DISPOSITIVO DE AGUA ANTES DE SER INSTALADO .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 26: INSTALACIÓN DISPOSITIVOS DE AGUA EN PILOTAJE DE GARZÓN .....</b>	<b>34</b>



FIGURA 27: MEDIDOR DE GAS PRE EQUIPADO PARA PILOTAJE DE ALCANOS .....	34
FIGURA 28: PIEZA 3D PARA AÑADIR EL DISPOSITIVO GREEYWAVE EN EL CONTENEDOR INTERNO DEL MEDIDOR DE GAS PARA EL PILOTAJE DE ALCANOS.....	35
FIGURA 29: PRUEBAS EN LABORATORIO CON EL MEDIDOR DE GAS PRE EQUIPADO Y EL DISPOSITIVO GREENYWAVE..	36
FIGURA 30: MEDIDORES CON DISPOSITIVO GREENYWAVE INSTALADO PARA PILOTAJE DE ALCANOS .....	36
FIGURA 31: UBICACIÓN ORIGINAL DE LOS 11 CONTADORES PARA LA PRUEBA PILOTO DE ALCANOS .....	37
FIGURA 32: ÁREA ESCOGIDA PARA UBICAR LOS NUEVOS PUNTOS DE INSTALACIÓN.....	37
FIGURA 33: PUNTO DE INSTALACIÓN PROPUESTO PARA PILOTAJE DE ALCANOS .....	38
FIGURA 34: INSTALACIÓN DE LA ANTENA DEL GATEWAY EN LA SEDE DE ALCANOS .....	38
FIGURA 35: PUNTO ELÉCTRICO Y DE CONEXIÓN A INTERNET DEL GATEWAY EN LA CEDE DE ALCANOS .....	39
FIGURA 36: PRUEBA DE CONEXIÓN EXITOSA ENTRE NODO Y GATEWAY DE ALCANOS .....	40
FIGURA 37: DAÑO EN LOS CABLES DE LOS CONTADORES DEL PILOTAJE DE ALCANOS .....	41
FIGURA 38: REPARACIÓN DE LOS CABLES DE LOS MEDIDORES DEL PILOTAJE DE ALCANOS .....	41
FIGURA 39: VERIFICACIÓN DE LAS LECTURAS DE LOS MEDIDORES DE GAS LUEGO DE LA REPARACIÓN.....	42
FIGURA 40: INSTALACIÓN DISPOSITIVOS GREENYWAVE DEL PILOTAJE DE ALCANOS.....	42
FIGURA 41: PROPUESTA DE LA SIGUIENTE VERSIÓN DE DISPOSITIVOS GREENYWAVE .....	44

## 1. Introducción

Los servicios públicos del agua, gas y energía eléctrica son prácticamente un requisito fundamental para poder llevar una vida normal hoy en día en la cotidianidad moderna. Estos servicios han venido siendo cuantificados por medio de dispositivos de lectura convencionales, con los cuales es posible realizar su respectiva facturación e incluso dosificación para cada usuario en algunos casos. Las empresas de servicios públicos son las entidades encargadas de realizar dichas actividades y durante mucho tiempo, estos medidores convencionales han estado presentando fallas, las cuales crean no sólo pérdidas para las empresas de servicio público, si no, un desperdicio del recurso desmedido, ya sea por mal funcionamiento del medidor o por manipulaciones no autorizadas por parte del usuario en dichos aparatos. Integrasoft S.A.S propone una solución a este problema por medio de GreenyWave, dándole “inteligencia” a los medidores transformándolos en dispositivos IoT y de esta forma ser mucho más consciente de las mediciones de los servicios públicos.

### 1.1 Descripción del problema

Integrasoft S.A.S es una empresa que ofrece servicios basados en software, como software contable, entre otros. En los últimos años, ha decidido direccionarse hacia el desarrollo de hardware con su respectivo firmware y software, enfocándose en la toma de datos y control de los servicios públicos por medio de una tecnología desarrollada por la misma empresa la cual es denominada “tecnología GreenyWave”. Integrasoft S.A.S ya ha desarrollado la versión de GreenyWave para los servicios de agua y energía eléctrica. La versión actual presenta deficiencia en cuanto a la distribución de memoria de programación y consumo energético, esto debido a los tipos de componentes

seleccionados y a su organización estructural del software; es necesario tener en cuenta que se requiere que el dispositivo tenga una amplia versatilidad para su funcionamiento.

Por esto se genera la siguiente interrogante: ¿Será necesario re diseñar los sistemas encargados del procesamiento de datos, del suministro de energía y de la comunicación de los dispositivos de tecnología GreenyWave para su integración en el mercado?

## **1.2 Justificación**

Las pasantías comúnmente reúnen todas las cualidades y destrezas que adquiere un estudiante durante su proceso de aprendizaje, y las demuestra en un área de trabajo que implique esta necesidad, posiblemente luego se convertirá no solo en esto, sino también en una ayuda de crecimiento personal, académico y laboral, ya que gracias a la Ley 2043 del 27 de julio de 2020, se reconoce de manera obligatoria como experiencia profesional y/o relacionada aquellas prácticas que se hayan realizado en el sector público y/o sector privado como opción para adquirir el correspondiente título, siendo estas las actividades formativas desarrolladas por un estudiante de cualquier programa de pregrado en las modalidades de formación profesional, tecnológica o técnica profesional, en el cual aplica y desarrolla actitudes, habilidades y competencias necesarias para desempeñarse en el entorno laboral sobre los asuntos relacionados con el programa académico o plan de estudios que cursa y que sirve como opción para culminar el proceso educativo y obtener un título que lo acreditará para el desempeño laboral.

La optimización de los dispositivos de medición remota trae un desarrollo tecnológico en el área de distribución y administración de los servicios públicos en Neiva y en un mediano y largo plazo, a todo el territorio Nacional, llegando a posibilitar incluso el suministro de servicios público por medio de modalidad pre-

pago. Esto traería consigo no solo una herramienta demasiado útil para las empresas encargadas de administrar estos servicios, sino que también traería una ayuda para nosotros como usuarios, haciéndonos mucho más conscientes de nuestro consumo y de esta manera darle un uso mejor, ayudando a crear un impacto menor en el medio ambiente.

### 1.3 Antecedentes

Soluciones en Ingeniería y Software S.A.S. es una empresa colombiana que apoya a sus clientes en el desarrollo eficiente de su objeto social y de negocios a través de la implementación de soluciones tecnológicas amigables. (Integrasoft, 2020)

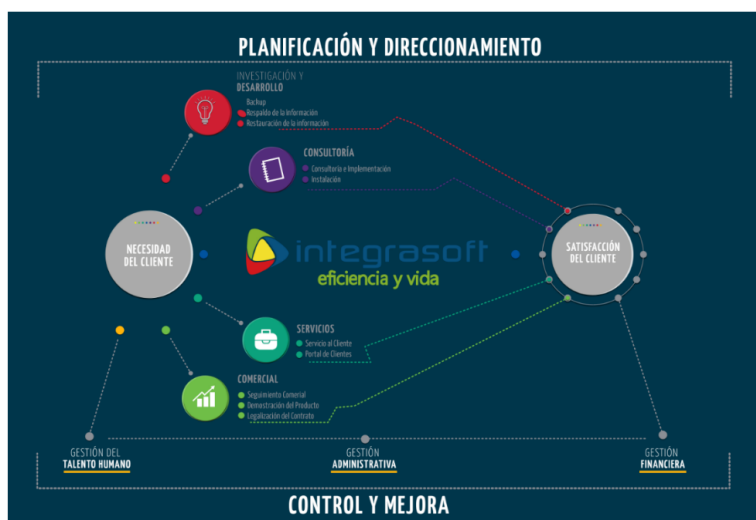


Figura 1: Metodología de Integrasoft S.A.S

Integrasoft S.A.S, lleva varios años realizando investigación y desarrollo en el tema de IoT con el fin de poder llevar al mercado dispositivos de medición remota para poderlos comercializar con empresas de servicios públicos del país. Sus avances en este tema tecnológico son los siguiente:

#### Gateway RF GreenyWave.

Es un equipo electrónico que tiene la función principal de enlazar los Nodos IoT

con el centro de procesamiento de datos usando un sistema de comunicaciones alámbricas e inalámbricas; usa Conexiones alámbricas (Ethernet/Fibra Óptica) para comunicarse por la red INTERNET al Centro de procesamiento de datos y usa conexiones Inalámbricas de RF para comunicarse con los Nodos IoT.

Las conexiones Inalámbricas RF que usamos se han basado en módulos de radio que usan la banda ISM en el rango de frecuencia de 900-928 MHz a una potencia de 0-100mw y transmisiones de datos de corta duración usando el protocolo FSK (Desplazamiento de Frecuencia).

En esta configuración la distancia máxima entre los Nodos y la Gateway es de 1000mts con línea de vista entre las antenas y sin línea de vista de 200-300mts.

Como la Red IoT actual no cubre los requerimientos del Cliente en distancia de cobertura (superiores a 750m), es necesario usar una excelente antena para las

Gateway IoT y así obtener rangos de distancia que logren los requerimientos del cliente.

### **Gateway RF de rango extendido GreenyWave.**

Esta solución la da INTEGRASOFT debido a que muchos otros clientes han solicitado que nuestra Tecnología Greenywave tenga estas cualidades, por ende, se instala junto con la Gateway una antena de alta ganancia omnidireccional que cumpla con las regulaciones de potencia máximas permitidas por la CRC y ANE para los sistemas IoT que son de 1000mW en transmisión máximo y teniendo en cuenta los costos de implementación para que la solución sea viable en su producción masiva.

## 1.4 Objetivos

### Objetivo General

Aplicar los conocimientos adquiridos dentro y fuera de la academia, adoptando una postura no solamente receptora de experiencia y conocimiento sobre nuevas áreas y ámbitos técnicos, sino también de aporte al desarrollo tecnológico en el proceso de optimización del hardware de los dispositivos de medición remota de servicios públicos que hacen parte del proyecto Greenywave de Integrasoft S.A.S.

formando así un mayor desenvolvimiento en el campo técnico y técnico-empresarial, asumiendo las responsabilidades otorgadas por mi director de pasantías, las cuales me forjarán como futuro profesional.

### Objetivos Específicos

- Apoyar el mejoramiento de los dispositivos de tecnología GreenyWave desarrollado por Integrasoft SAS que se implementarán en contadores de servicios públicos (energía eléctrica, gas y agua).
- Optimizar la estructura del software de los dispositivos de tecnología GreenyWave desarrollado por Integrasoft SAS para mejorar el consumo tanto de memoria como de energía en los dispositivos.
- Optimizar el diseño del hardware de los dispositivos de tecnología GreenyWave desarrollado por Integrasoft SAS para mejorar el consumo tanto de memoria como de energía en los dispositivos.
- Adecuar los sistemas de conexión y comunicación de los dispositivos de tecnología GreenyWave a sus necesidades específicas, dependiendo de sus respectivas ubicaciones y posibles obstáculos que se encuentren rodeando los dispositivos.

- Realizar una realimentación de toda la información obtenida para que, a partir de esta, poder mejorar los dispositivos de tecnología GreenyWave y obtener una versión totalmente mejorada.

## **2. Marco teórico**

Con el propósito de facilitar una correcta lectura e interpretación de este documento, y también de contextualizar al lector respecto a los temas que conciernen el desarrollo de la pasantía, a continuación, se presentan las definiciones de los conceptos técnicos principales:

### **2.1 Tecnología IoT**

El Internet de las cosas, o IoT, es un sistema de dispositivos informáticos interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que cuentan con identificadores únicos (UID) y la capacidad de transferir datos a través de una red sin necesidad de una persona a otra. interacción humana o de persona a computadora

Un objeto en IoT puede ser una persona con un implante de monitor cardíaco, un animal de granja con un transpondedor de biochip, un automóvil que tiene sensores incorporados para alertar al conductor cuando la presión de las llantas es baja o cualquier otra cosa natural o artificial al que se le puede asignar una dirección de Protocolo de Internet (IP) y puede transferir datos a través de una red. (Gillis, 2022)

### **2.2 Topología de una red IoT**

La topología es una parte importante del diseño de las redes de sensores. Ésta puede marcar la diferencia entre una red eficiente (ancho de banda, potencia, tiempo, etc.) o no. La topología típica en este tipo de redes es la denominada Ad-Hoc en la cual, cada nodo puede comunicarse inalámbricamente con los demás nodos de la red, y estos con él (punto a multipunto y viceversa).

En concreto, el tipo de red que se pretende realizar en este proyecto es una red de



sensores inalámbricos (WSN).

Una red WSN es una red inalámbrica que consiste en dispositivos autónomos distribuidos utilizando sensores para monitorizar condiciones físicas o ambientales. Un sistema WSN incorpora una Gateway que provee conectividad inalámbrica a internet y viceversa. (LIMITED, 2021)

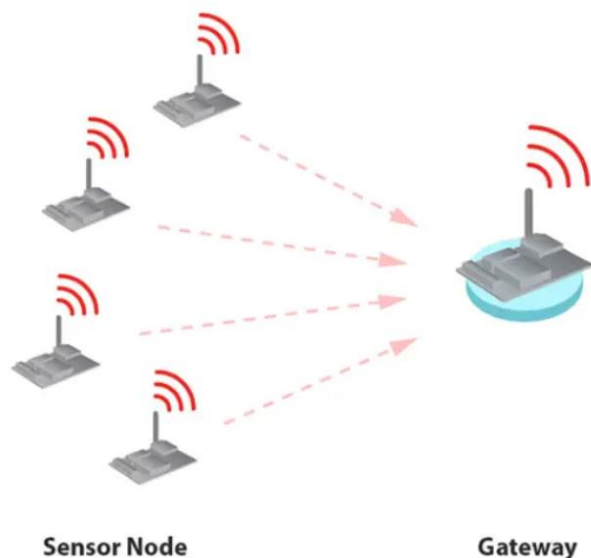


Figura 2: Gateway y nodos distribuidos de una WSN

El protocolo inalámbrico que se seleccione depende en los requerimientos de la aplicación. Algunos de los estándares disponibles incluyen radios de 2.4 GHz basados en los estándares IEEE 802.15.4 o IEEE 802.11 (Wi-Fi) o módulos de radiocomunicaciones, los cuales son de 900 MHz. (LIMITED, 2021)

Los nodos WSN están típicamente organizados en uno de los tres tipos de topologías de red que se muestran en la Figura

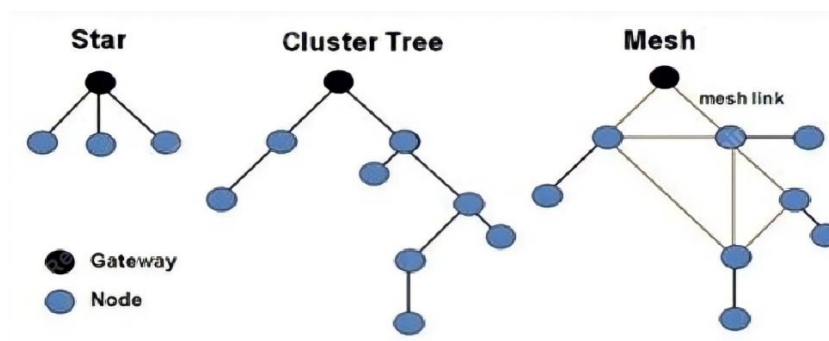


Figura 3: Topologías típicas de una WSN

En la topología en estrella, cada nodo se conecta directamente a la Gateway.

En la topología de tipo árbol, cada nodo se conecta a un nodo de mayor jerarquía en el árbol y después a la Gateway, los datos son enrutados desde el nodo de menor jerarquía en el árbol hasta la Gateway. (Pérez, Nuñez, Rodríguez, Salazar, & Zilio, 2010)

Las redes tipo malla, los nodos se pueden conectar a múltiples nodos en el sistema y enviar los datos por el camino disponible de mayor confiabilidad. Finalmente, los datos pasan igualmente por la Gateway y llegar a Internet.

## 2.3 Gateway IoT

Una Gateway o puerta de enlace de IoT es una solución para habilitar la comunicación de la red IoT; generalmente las comunicaciones de dispositivo a dispositivo o comunicaciones de dispositivo a nube. La puerta de enlace suele ser un dispositivo de hardware que aloja software de aplicación que realiza tareas esenciales. En su nivel más básico, la puerta de enlace facilita las conexiones entre diferentes fuentes de datos y destinos.

Una forma sencilla de concebir una puerta de enlace IoT es compararla con el enrutador o puerta de enlace de la red de su hogar u oficina. Dicha puerta de enlace facilita la comunicación entre sus dispositivos, mantiene la seguridad y proporciona una interfaz de administración donde puede realizar funciones básicas. Un IoT Gateway hace esto y mucho más. (America, 2022)

Una puerta de enlace de IoT versátil puede realizar cualquiera de las siguientes tareas (Mitsubishi, 2022):

- Facilitar la comunicación con dispositivos heredados o no conectados a Internet.
- Almacenamiento en caché de datos, almacenamiento en búfer y

---

transmisión

- Pre procesamiento de datos, limpieza, filtrado y optimización
- Cierta agregación de datos
- Comunicaciones de dispositivo a dispositivo / M2M
- Funciones de red y alojamiento de datos en vivo
- Visualización de datos y análisis de datos básicos a través de aplicaciones IoT Gateway
- Características del historiador de datos a corto plazo
- Seguridad: administre el acceso del usuario y las funciones de seguridad de la red
- Gestión de la configuración del dispositivo
- Diagnóstico del sistema

## 2.4 Nodo IoT

Es un dispositivo electrónico gobernado por un microcontrolador y un Software de máquina (firmware) que administra datos enviados por sensores conectados a él y que envía la información relevante a través de una red de comunicaciones (alámbrico o inalámbrico) de baja potencia, a un centro de procesamiento de datos en la Gateway. Esta a su vez establece una conexión utilizando Internet para enviar los datos de estos sensores a un servidor central donde los datos se encontrarán disponibles para que sean consultados por el usuario o el suscriptor. (Zabaleta, 2021)

Dentro del proyecto se encuentra contemplada la integración de comunicaciones entre el centro de control de Alcanos SA ESP y el servidor de Integrasoft, de manera que puedan tener acceso a los datos desde su centro de control.

## 2.5 Comunicaciones RF

Una red de comunicaciones es un conjunto de medios técnicos que permiten la

comunicación a distancia entre equipos autónomos (no jerárquica -master/slave). Normalmente se trata de transmitir datos, audio y vídeo por ondas electromagnéticas a través de diversos medios (aire, vacío, cable de cobre, fibra óptica, etc.). (Alai, 2021)

## **2.6 Banda ISM**

Las bandas de radio industriales, científicas y médicas (ISM) son bandas de radio (partes del espectro de radio) reservadas internacionalmente para el uso de energía de radiofrecuencia (RF) para fines industriales, científicos y médicos distintos de las telecomunicaciones comerciales. (Jecrespom, 2022)

## **2.7 Amplificador RF**

Los amplificadores de RF se utilizan para convertir una señal de Radio Frecuencia de pequeña potencia y baja frecuencia a una frecuencia y potencia mayores. Los Amplificadores de RF se utilizan generalmente en aplicaciones para manejar la potencia de transmisión de una antena. (APITech, 2021)

## **2.8 Servidor IoT**

El servidor de datos del internet de las cosas IoT, recibe los paquetes de información provenientes de las Gateway que contienen los valores transmitidos por los nodos sensores (o los dispositivos inteligentes) los ordena en tablas asignándoles su respectivo lugar en el campo identificado y permitiendo que estos datos sean trazables desde la lectura hasta el usuario con el que están inscritos. (Logic, 2014)

## **2.9 Interfaz de Usuario**

Permite visualizar de forma gráfica y numérica los datos enviados por los sensores, clasificarlos dentro del correspondiente medidor asignándolo a un

---

usuario específico de tal forma que es la interfaz que interactúa con el usuario y desde donde se realizarán los procesos de autenticación para acceder a la información relevante. (W. Satzinger & Olfman, 1998)

### **3. Metodología**

En este capítulo el lector encontrará los pasos que se plantearon y se siguieron para realizar el desarrollo de la pasantía supervisada y se dividen en 6. Se contó con la supervisión y direccionamiento del ingeniero Jimmy Aguirre, persona a cargo de la gestión en el proyecto mencionado, que, teniendo en cuenta los objetivos planteados en este documento, realizó la asignación de las actividades específicas que el estudiante debió aplicar siendo estas de carácter investigativo y/o práctico.

#### **3.1 Investigación y capacitación teórica**

Para poder dar desarrollo a la pasantía supervisada, primero se realizan capacitaciones en temas relacionados directamente con la tecnología GreenyWave de Integrasoft S.A.S, haciendo hincapié en los dispositivos con su desarrollo hasta la fecha y el funcionamiento que estos eran capaces de ejecutar. De igual forma, se realizaron capacitaciones teórico-prácticas respecto a los programas tipo EDA utilizados en los diseños de circuitos impresos, tales como EAGLE y KiCad EDA.

#### **3.2 Rediseño de Hardware de los dispositivos para medición remota de servicios públicos**

Una vez se han dado los conocimientos sobre los dispositivos y los programas EDA, se procede a realizar el rediseño del Hardware de los dispositivos, buscando la optimización de las versiones anteriores, sobre todo en el consumo energético y buscando mejorar su eficiencia. De igual manera, se hace un estudio de su respectivo firmware para poder optimizar al máximo los recursos de cómputo y de memoria.

### **3.3 Prueba de concepto del nuevo diseño**

A medida que se van realizando las mejoras en el nuevo diseño de hardware, se van realizando pequeñas pruebas de concepto para poder poner a prueba las diferentes mejoras y evitar errores en el funcionamiento de la próxima versión.

### **3.4 Ejecución de cambios y/o mejoras**

Basándose en los resultados obtenidos en las pruebas de concepto, se hacen las respectivas correcciones y/o implementaciones en los diseños de las nuevas versiones para poder terminar el diseño y realizar su materialización por medio de fábricas de circuitos impresos en China como PCBWAY.

### **3.5 Manufacturación del diseño con cambios y correcciones aplicadas**

Realizar el respectivo trámite para realizar la fabricación del circuito impreso de las nuevas versiones de los dispositivos GreenyWave por medio de PCBWAY.

### **3.6 Recolección, análisis y documentación de los resultados finales**

Se realiza la respectiva documentación de los resultados obtenidos con la versión fabricada luego de probarlos en bancos de prueba y en pilotajes coordinados por Integrasoft S.A.S y sus clientes.

## 4. Resultados y análisis

En este capítulo del documento, se socializarán los resultados obtenidos durante la aplicación de la pasantía supervisada en los dispositivos de tecnología Greenywave. Se mostrará el avance logrado en cuanto a las mejoras aplicadas en el diseño del hardware, los medidores en los que fueron aplicados y sus sistemas de comunicación.

Previamente a mostrar los resultados, se realiza una muestra de las versiones anteriores para que el lector pueda ver el estado de las versiones que se encontraban previas a la pasantía supervisada. La imagen de la figura N°4 corresponde a la versión previa para el dispositivo para la medición de agua y gas.



Figura 4: Versión previa dispositivo para agua y gas

La imagen de a la figura N°5 corresponde a la versión previa utilizada para la medición de energía eléctrica.





Figura 5: Versión previa de dispositivo para energía eléctrica

La imagen de a la figura N°6 corresponde a la versión previa del sistema de comunicaciones que se utilizaba con las demás versiones previas de los dispositivos:



Figura 6: Versión Previa del Gateway

## 4.1. Nuevo diseño de dispositivos para agua y gas

El diseño previo para los dispositivos de agua y gas fueron realizados utilizando el programa EAGLE. Para poder tener beneficios al momento de fabricar la nueva versión y poderla comercializar, de ser el caso, los nuevos diseños se trabajaron en KiCad, haciendo una migración de absolutamente todo para poder seguir editándolos o modificándolos desde este programa que es estilo Software libre.

Ya que el equipo de desarrollo de Greenywave cuenta con una diseñadora industrial, las formas de las PCB se trabajaron de la mano con ella para hacer uso de contenedores impresos en 3D que pudieran albergar a las nuevas versiones de los dispositivos.

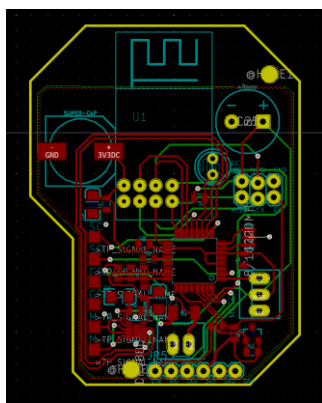


Figura 7: Vista PCB de la nueva versión del dispositivo para agua y gas

Haciendo estudio del datasheet del Arduino Pro mini, se realizaron las conexiones entre los diferentes componentes electrónicos en la nueva PCB de tal forma que el microprocesador pudiera funcionar de manera correcta en cuanto a su alimentación, protección contra sobre voltaje, y protocolos de comunicación que utiliza el sistema. Para la seguridad de la comunicación entre los diferentes nodos, se agregó el componente ATSHA204A-STUCZ-T, el cual es un dispositivo de autenticación de hardware de alta seguridad de Microchip, en este se guarda una firma personalizada por dispositivo el cual permite una comunicación segura entre el nodo y el Gateway. (Microchip, 2018)

También se le agregó una fotocelda, para que el dispositivo pueda sensor cuándo se encontraba su contenedor abierto y cuándo se encontraba cerrado, esto con el fin de mantener la seguridad del dispositivo monitoreada.

Una vez terminadas las pruebas de concepto del nuevo diseño propuesto, y teniendo sus respectivo encapsulado impreso, se procedió a realizar un banco de prueba mientras la nueva versión era fabricada en China, para poner a funcionar el dispositivo en un contexto que simulara una situación real. Ya que el comportamiento de un medidor convencional de agua y gas son muy similares, se llegó a la conclusión que el mismo banco de prueba podría suplir una simulación tanto para agua como para gas.



Figura 8: Banco de prueba agua y gas GreenyWave



Figura 9: Nueva versión de dispositivos para agua y gas.

Las nuevas versiones para agua y gas funcionaban de manera correcta, se pudieron

detectar detalles que son muy importante considerar al momento de realizar la instalación del dispositivo en un contexto real, por ejemplo, verificar que el sensor que toma la lectura de los pulsos del contador quede ubicado a la profundidad y orientación correcta para que su lectura sea realizada sin fallas. De igual forma para que el sistema no tenga falencias a nivel técnico es indispensable que el contenedor del dispositivo sea completamente impermeable para que no sea afectado por la humedad de la intemperie en la que se encuentra.

#### 4.2. Nuevo diseño de dispositivo para energía eléctrica

El diseño para los dispositivos de energía eléctrica fue un poco más complejo, ya que este al tener que estar en contacto directo con la energía eléctrica de un recinto, debía de seguir normas de diseño específicas, como las normas IPC por ejemplo que regulan la ubicación de los componentes ya que deben ser separados por función: alimentación, circuitos análogos, circuitos digitales. (IPC, 2021)

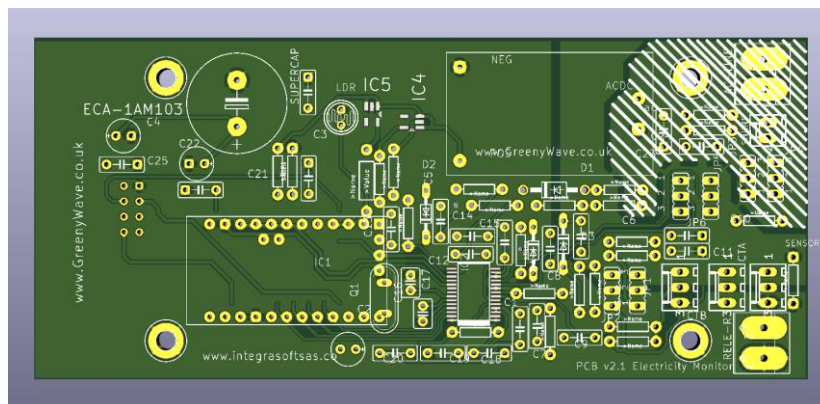


Figura 10: Modelo 3D de la nueva versión del dispositivo para energía eléctrica

Como se puede observar en la imagen de la figura N°10, la esquina superior derecha, resaltada por líneas blancas, es la encargada de estar en contacto con la energía eléctrica directamente, siendo ingresada a una fuente Hi-Link, la cual se encarga de hacer la regulación y rectificación para alimentar a todo el sistema, esta área no solo se encuentra resaltada, sino que también se encuentra delineada por mouse bits las cuales delimitan el área por pequeñas uniones que la unen al resto de la PCB.

En la parte izquierda se encuentra únicamente la parte electrónica del sistema, la cual implica el microprocesador con sus respectivas conexiones, y el radio encargado de hacer la comunicación entre el nodo y el Gateway.



Figura 11: Nueva placa PCB del dispositivo para energía eléctrica

Debido a que la mayoría de componentes de esta versión eran tipo THT, fue la primera en estar completamente terminada, ya que el ensamblaje de los componentes fue realizado por el equipo en el laboratorio de Integrasoft S.A.S y la mayoría se pudo adquirir por medio de proveedores nacionales.

A esta nueva versión del dispositivo, fue agregado un nuevo componente fundamental para su desempeño como contador de energía eléctrica. El ATMEGA90E26, el cual es un circuito integrado de medición de energía de amplio alcance y alto rendimiento. Está equipado con una tecnología de ADC y DSP que garantiza la estabilidad a largo plazo del chip frente a las variaciones en la red y las condiciones ambientales. Se utiliza para la medición de potencia activa y reactiva para monofásicos de dos hilos (1P2W), monofásicos de tres hilos (1P3W) o contadores de energía anti manipulación. Con la función de medición, el M90E26 también se puede utilizar en instrumentos de potencia que necesitan medir voltaje, corriente, etc. (Atmel, 2014)



Figura 12: Banco de prueba para dispositivo de energía eléctrica.

Para poner a prueba la nueva versión, también fue realizado un banco de prueba el cual puede funcionar en conjunto con el banco de prueba de los dispositivos de agua y gas, ya que tiene una motobomba conectada al sistema de tubos que permite la circulación del líquido, esta es controlada por el dispositivo de energía eléctrica, abriendo y cerrando el paso del flujo eléctrico.

### **4.3. Nuevo diseño Gateway**

Para el diseño de la Gateway, se emigró de usar una Gateway configurada por serial a ser una Gateway conectada por ethernet, agregando un módulo encargado de realizar esta función. De igual manera se adaptaron conexiones para poder suministrar alimentación en DC para energizar el sistema completo. A diferencia de los dispositivos de los contadores en sí, se optó por dejar de manera modular la conexión del microcontrolador de la familia Atmel, utilizando un Arduino nano completo, de igual manera con el radio, y los módulos Ethernet.



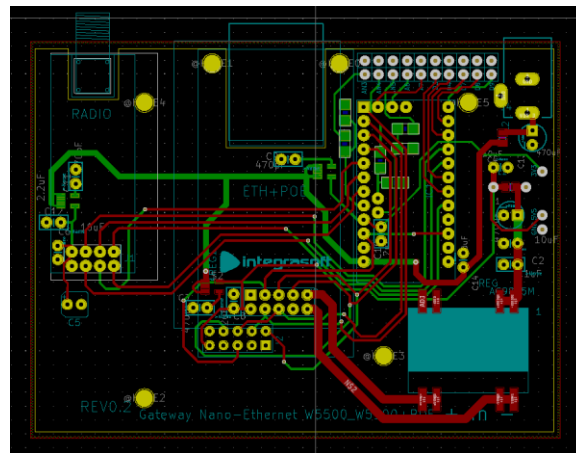


Figura 13: Vista del PCB Layout del diseño del Gateway

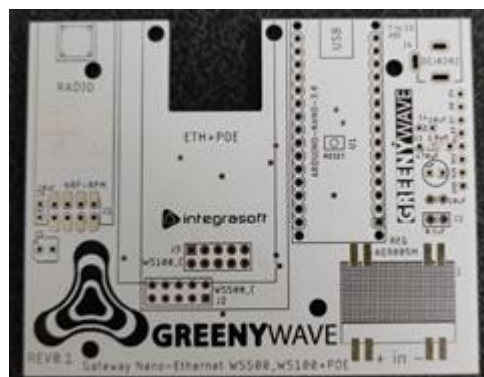


Figura 14: Nueva Versión de Gateway Fabricada



Figura 15: Nueva Versión del Gateway Ensamblada

En este diseño en particular, hubo un error en las conexiones internas de la PCB, lo cual implicó que cada vez que se debía alimentar el dispositivo para realizar pruebas o

para instalarlo en los pilotajes, se debía cerciorar que la polarización estuviera invertida, ya que las conexiones del Jack DC en la PCB quedaron de esa manera. De igual forma, se tuvo que realizar la adición de reguladores manualmente para alimentar de manera correcta el Arduino Nano, el módulo Ethernet y el Radio.

#### 4.4. Sistemas de comunicaciones

Las versiones anteriores tanto de los nodos como del Gateway, funcionaban con el radio RFM69, para las nuevas versiones, el ingeniero a cargo del equipo había planteado la propuesta de emigrar todo el sistema al radio RFM95, ya que este traía más ventajas y mejor comportamiento al momento de funcionar en este tipo de sistemas. Para poder acoplar este radio a las nuevas versiones, fue necesario también realizar un diseño de PCB, el cual consistía en realizar las conexiones de los pines que se utilizarían del radio con el microprocesador, la antena, y algunos componentes como capacitores de bypass.

Estas PCB, al igual que las del dispositivo de energía eléctrica, fueron fabricadas bajo el método de panelización, el cual permite realizar la fabricación del mismo diseño en cantidades grandes utilizando la misma pieza de cobre, como se puede observar en la imagen de la figura N°.

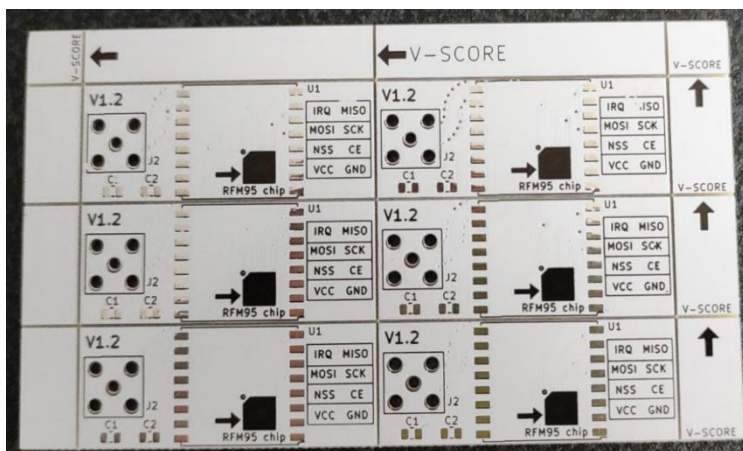


Figura 16: Panelizado de PCB para Radio RFM95

Para estas PCB, se realizaron 2 diseños, su diferencia era el tipo de antena, ya que se quiso realizar pruebas con una antena cerámica, la cual ya viene completamente lista para utilizar ACAG1204-915-T (PCB roja), y el otro tipo de antena era realizada



manualmente en el laboratorio de Integrasoft S.A.S (PCB blanca).

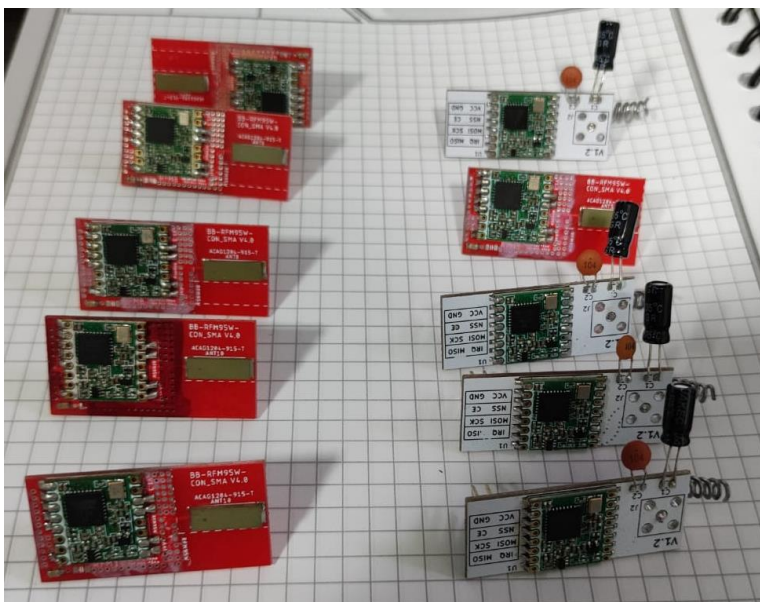


Figura 17: PCB de Radio RFM95 ensambladas.

Para la prueba piloto realizada con la empresa Alcanos de Colombia, se propuso realizar una antena para ser instalada en la cede principal, la cual se encargaría de conectar todos los nodos de gas con el Gateway para realizar la respectiva recopilación de datos. Este proceso se realizó bajo la supervisión del ingeniero Jimmy Aguirre, el cual es el director del área de desarrollo de GrenyWave.

La antena se conectaría al Gateway por medio de un conector hembra tipo N, y el cuerpo de la antena como tal está hecho por un alambre de 175.73cm de longitud, al cual se le aplicaron dobleces redondos de  $\lambda/4$  de longitud.



Figura 18: Antena para Gateway pilotaje alcanos



Figura 19: Antena pilotaje de Alcanos terminada

## 4.5 Pruebas Piloto

Una vez teniendo los sistemas fabricados, ensamblados, probados en laboratorio y listos para usar, se realizó la instalación de los dispositivos en recintos reales para realizar pruebas piloto y poder evaluar su funcionamiento trabajando al momento de leer el consumo de un usuario real. Durante el desarrollo de la pasantía, se realizó la instalación de los dispositivos en 2 pilotajes diferentes, en el municipio de Garzón y Neiva, de los cuales se hablará con mayor detalle a continuación.

### 4.5.1 Pilotaje STM Garzón

Haciendo un acuerdo entre las empresas de STM e Integrasoft S.A.S, se realizó el pilotaje en el municipio de Garzón en recintos de la inmobiliaria STM. En aquellos domicilios, se realizó la instalación de dispositivos para agua y para energía eléctrica. Durante la pasantía supervisada, se realizaron 2 visitas al municipio para monitorear de cerca su funcionamiento.

Lo primero que se instaló para este pilotaje fue el Gateway principal, con su respectivo radio, antena y punto de conexión de internet. Ya que este proyecto llevaba bastante tiempo en ser desarrollado, esta instalación se realizó antes de que la pasantía empezara. Dicha instalación fue hecha por el ingeniero Jimmy junto a su equipo de trabajo y fue instalada en el centro comercial Paseo del Rosario ya que ahí se encuentra la oficina de STM, se tenía acceso a un punto elevado y conexión a internet.

Se instalaron 6 dispositivos para energía eléctrica y 3 de agua y su ubicación se puede

observar a continuación en la imagen de la figura N°20, donde el círculo rojo señala el Gateway principal, el círculo verde señala donde hay dispositivos de agua y energía eléctrica y el círculo amarillo señala donde hay dispositivos de energía eléctrica únicamente.

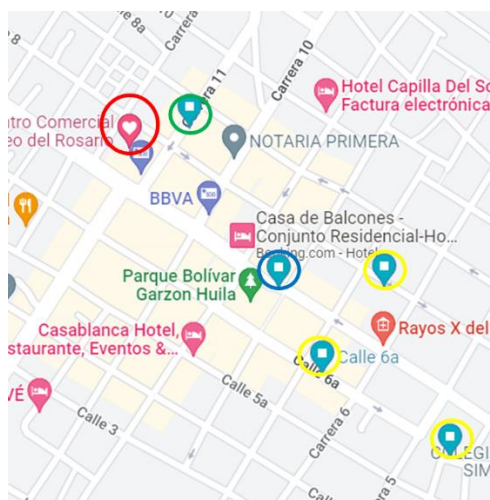


Figura 20: Ubicación de los dispositivos GreenyWave en el municipio de Garzón

### Visita técnica a Garzón, octubre 2021

En la primera visita que se realizó, lo primero que se hizo fue revisar el Gateway principal, ya que desde las instalaciones de Integrasoft, se podía ver que la conectividad con el sistema principal no estaba funcionando de manera correcta.



Figura 21: Punto de Conexión a internet del Gateway principal de Garzón

Para poder solucionar el problema, se tuvo que extraer la Raspberry que conforma el Gateway para poder realizar su respectivo reset. Dicho proceso fue realizado por el ingeniero Nicolas Useche, quien se encontraba a cargo de la configuración y programación de los dispositivos.

Una vez lograda la integración del Gateway principal nuevamente, se procedió a la instalación de los dispositivos de energía eléctrica.

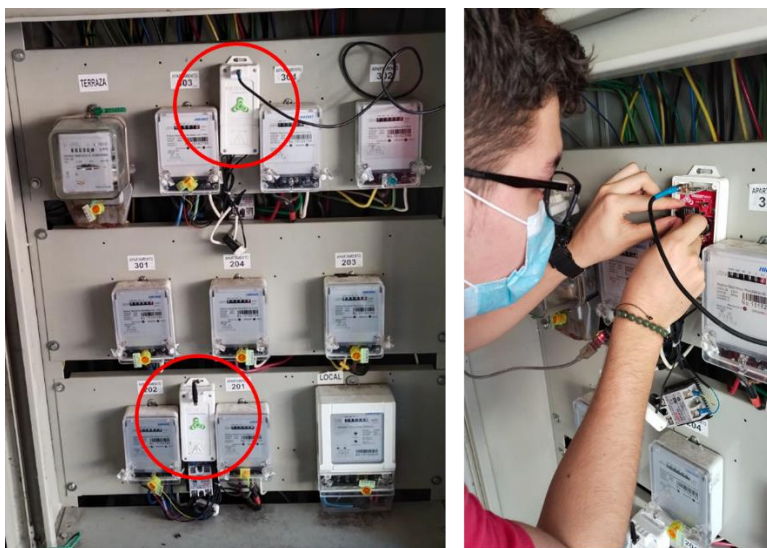


Figura 22: Instalación de dispositivos Greenywave para energía eléctrica

La primera visita al pilotaje de garzón culminó con la instalación de los dispositivos de energía eléctrica, la mayoría del tiempo de esta primera etapa fue invertido solucionando los problemas de conectividad presentados en el Gateway principal.

Mientras se planeaba la segunda visita técnica para instalar los dispositivos de agua, se realizaron pruebas con algunos contenedores impresos en 3D para mirar su comportamiento en la intemperie. Los resultados indicaron que definitivamente se debía optar por encapsulados certificados contra agua para que los sistemas no fueran afectados por la humedad del medio en el que serían instalados, ya que el material que se disponía para realizar las impresiones en 3D no eran suficientes.

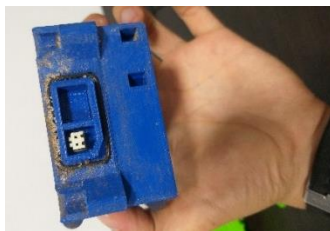


Figura 23: Dispositivos Greenywave de agua afectados por la intemperie

Junto con STM, se llegó a un acuerdo y se realizó la compra de cajas especiales, impermeables para las instalaciones de los dispositivos para agua.



Figura 24: Nuevos contenedores para dispositivos de agua del pilotaje de Garzón

### Visita técnica a Garzón, noviembre – diciembre 2022

La segunda visita al pilotaje de Garzón fue realizada a finales de noviembre y comienzos de diciembre. En esta segunda ocasión fue realizada la instalación de los dispositivos para agua. La ubicación de estos fue de las más cercanas al Gateway principal para poder evaluar su desempeño a corta distancia, teniendo en cuenta que estos van instalados bajo el suelo.



Figura 25: Verificación niveles de voltaje de dispositivo de agua antes de ser instalado





Figura 26: Instalación dispositivos de agua en pilotaje de Garzón

También se realizaron cambios en algunos dispositivos de energía eléctrica, ya que, en uno de los puntos instalados, el relee de estado sólido, el cual se encarga de abrir o cerrar el paso de energía eléctrica, se había averiado impidiendo el uso normal del servicio público. Dicho relee fue reemplazado por uno nuevo y posteriormente fue reparado en el laboratorio.

Una vez instalados los dispositivos y verificando que estuvieran conectados, se dio por terminada la etapa de instalación para proceder a monitorear el funcionamiento de las nuevas versiones desde Neiva.

#### 4.5.2 Pilotaje en Alcanos de Colombia Neiva

Para poner a prueba la nueva versión del dispositivo Greenywave para gas, primero se realizó la adquisición de medidores de gas pre equipados para que su lectura pudiera ser extraída por el dispositivo GreenyWave, dichos medidores fueron adquiridos por medio de proveedores originarios de China.



Figura 27: Medidor de gas pre equipado para pilotaje de Alcanos

Esta referencia en específico viene con un compartimiento en su interior para poder contener un dispositivo el cual pueda ser conectado a su sistema electrónico interno y poder extraer la lectura, de igual manera, tiene un compartimiento para poder ubicar una batería y así alimentar el sistema sin problemas y sin hacer muchas modificaciones al cuerpo del medidor como tal.

Con la ayuda de la diseñadora industrial del equipo, se realizó una pieza impresa en 3D que permite añadir el dispositivo GreenyWave al cuerpo del medidor y de esta forma no realizar perforaciones ni ninguna otra modificación de este estilo.

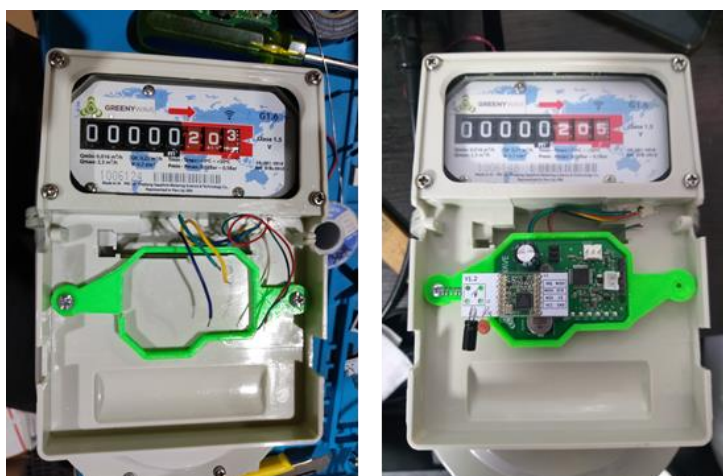


Figura 28: Pieza 3D para añadir el dispositivo GreeyWave en el contenedor interno del medidor de gas para el pilotaje de Alcanos.

#### **4.5.3 Pruebas en laboratorio del medidor pre equipado con el dispositivo GreenyWave**

Una vez instalada la pieza 3D en los medidores, se procedió a realizar la instalación de los dispositivos GreenyWave conectándolos al sistema electrónico interno de los contadores para realizar pruebas con ellos en el laboratorio y terminar de ajustar el firmware para que funcione el sistema de manera correcta.



Figura 29: Pruebas en laboratorio con el medidor de gas pre equipado y el dispositivo GreenyWave

Una vez realizadas las pruebas y ajustado el firmware para el pilotaje de Alcanos, se instalaron los dispositivos en los contadores de gas con sus respectivas baterías y se realizó la entrega de estos en la bodega de Alcanos.

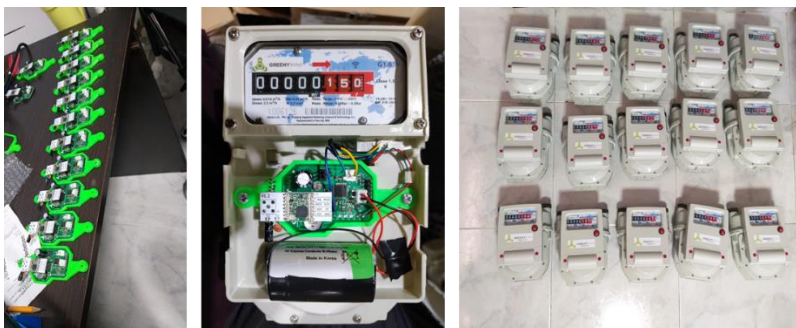


Figura 30: Medidores con dispositivo GreenyWave instalado para pilotaje de Alcanos

#### 4.5.4 Ubicación de los medidores para la instalación del pilotaje

Para la instalación de los 11 contadores para la prueba piloto de Alcanos, originalmente se habían propuesto las siguientes ubicaciones, los puntos azules indican la ubicación donde se realizaría la instalación.



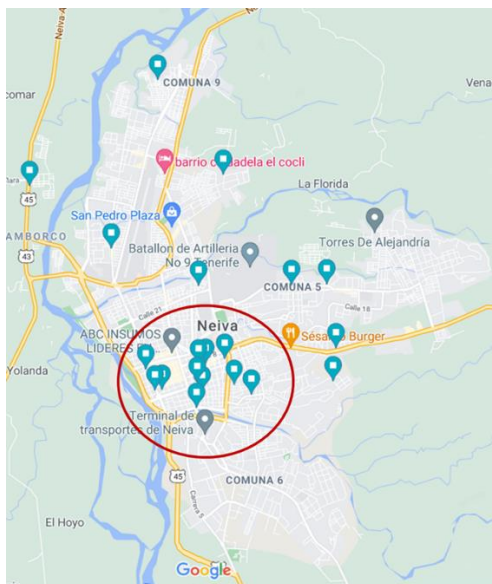


Figura 31: Ubicación original de los 11 contadores para la prueba piloto de Alcanos

Sin embargo, basándose en los resultados que se estaban obteniendo de la prueba piloto en el municipio de Garzón, se llegó a la conclusión de que no era prudente realizar la primera prueba con los dispositivos dispersos a distancias demasiado grandes, ya que de la prueba piloto de Garzón se estaban obteniendo resultados que indicaban que la comunicación entre algunos nodos con el Gateway principal era demasiado inestable y no era suficiente para mantener una lectura continua. Por esta razón, se realizó una nueva propuesta de ubicación para los puntos de instalación del pilotaje.

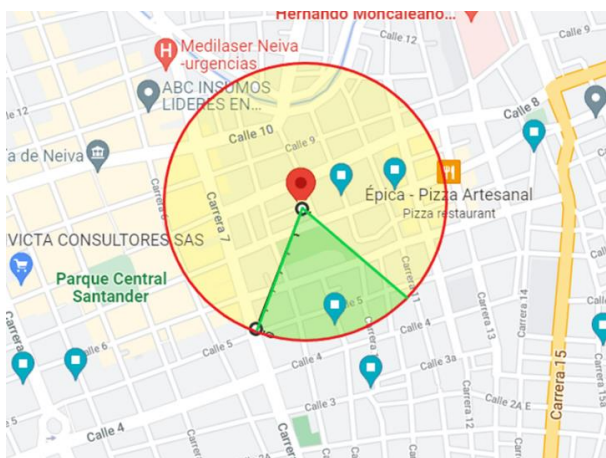


Figura 32: Área escogida para ubicar los nuevos puntos de instalación

En esta nueva propuesta se plantea un área de no más de 215m a la redonda, con la antena del Gateway principal instalada en el edificio de la sede principal de Alcanos de la ciudad de Neiva. Posteriormente, se especificó aún más el área, siendo en un edificio de apartamentos ubicado en la Calle 6 No 8-54 el cual tiene línea de vista directa con la terraza del edificio de Alcanos.



Figura 33: Punto de instalación propuesto para pilotaje de Alcanos

Una vez obtenido el aval por parte de Alcanos respecto a la nueva propuesta de instalación de los contadores para el pilotaje, se empezó el proceso de instalación de la antena del Gateway en el edificio de la sede principal de Alcanos en la ciudad de Neiva.



Figura 34: Instalación de la antena del Gateway en la sede de Alcanos



Figura 35: Punto eléctrico y de conexión a internet del Gateway en la cede de Alcanos

Una vez instalado el Gateway con su respectiva antena y punto de conexión a internet, se realizó una prueba de conexión con un nodo, obteniendo resultados que indicaban que estaba funcionando de manera correcta.

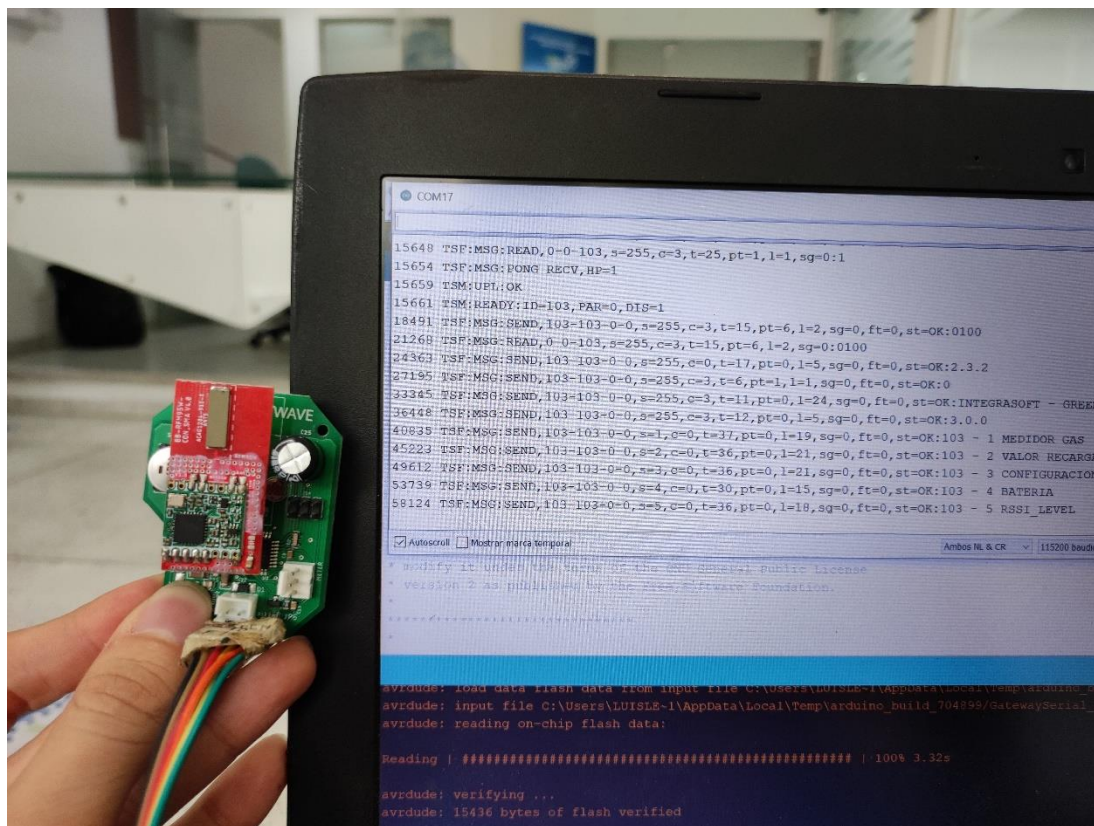


Figura 36: Prueba de Conexión exitosa entre nodo y Gateway de Alcanos

Antes de realizar la respectiva instalación de los contadores, se hizo una visita en la bodega para revisar sus respectivos voltajes de alimentación para asegurarse que estuvieran funcionando de manera correcta. Sin embargo, en esta visita, se detectaron daños en los cables que conectaban los dispositivos GreenyWave con el sistema electrónico interno del medidor, por lo que se tuvieron que hacer reparaciones en cada uno de ellos. Este daño fue ocasionado debido a que la tapa del contenedor del medidor cerraba muy cerca a los cables, ocasionando que estos se partieran y la lectura no se pudiera tomar de manera correcta.



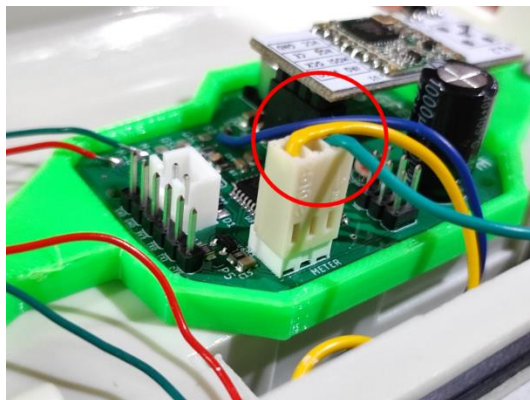


Figura 37: Daño en los cables de los contadores del pilotaje de Alcanos

Este fallo se tuvo que enmendar de manera inmediata, por lo que se realizó una segunda visita a las bodegas de Alcanos, llevando el equipo necesario para realizar las respectivas reparaciones.



Figura 38: Reparación de los cables de los medidores del pilotaje de Alcanos

Luego de su respectiva reparación, se procedió a probar nuevamente cada contador uno por uno para verificar completamente que la lectura podría registrarse correctamente.



Figura 39: Verificación de las lecturas de los medidores de gas luego de la reparación

Una vez realizadas las reparaciones en las conexiones entre los dispositivos GreenyWave y los medidores de gas, y haber probado cada nodo uno por uno, se pudo completar de manera exitosa la etapa de entrega de los medidores a Alcanos para su posterior instalación en los puntos definidos, la cual fue realizada por funcionarios de dicha empresa.



Figura 40: Instalación dispositivos GreenyWave del pilotaje de Alcanos

---

## 5. Conclusiones

En este trabajo se detalla el proceso de desarrollo de la optimización de dispositivos diseñados para mejorar los contadores de servicios públicos, utilizando herramientas de diseño, como el programa KiCad EDA, pruebas de concepto hechas en el laboratorio de Integrasoft S.A.S, y pruebas piloto con aliados estratégicos de Integrasoft S.A.S. A continuación, se presentan las reflexiones obtenidas:

- a. Siempre realizar estudios a profundidad de los espacios donde se piense instalar un sistema que trabaje con radio frecuencia, debido a su comportamiento relativamente impredecible.
- b. Las pasantías supervisadas son una herramienta muy útil para conocer la industria desde un punto de vista real, mientras se sigue aprendiendo y consolidando conocimientos y competencias adquiridas en la academia.
- c. Siempre tener como objetivo principal el consumo de energía de los dispositivos cuando se piensa en alimentarlos con baterías.
- d. Tener en cuenta la disponibilidad de los componentes electrónicos al momento de realizar un diseño electrónico pensado en fabricarse en masa.
- e. Es importante que los Sketch que corre en los dispositivos ocupen menos del 80% de la memoria Flash.
- f. El desarrollo de este proyecto es una puerta abierta a reforzar las relaciones entre empresa y academia ya que una empresa como Integrasoft S.A.S es un aliado bastante estratégico para poder impulsar la onda tecnológica en la región apoyándose en los conocimientos técnicos y académicos formados en la Universidad Surcolombiana.

## 5.1 Trabajos futuros

La adición de un microprocesador de mejores características puede ser agregado al diseño para poder ampliar su rango de funcionalidad. Se dejó propuesta la idea de poder implementar un chip de la familia ESP32, el cual tiene más recursos computacionales, pudiendo llegar a lograr un mejor performance procesando los datos y mejorando una conexión más estable utilizando tecnología LORA.

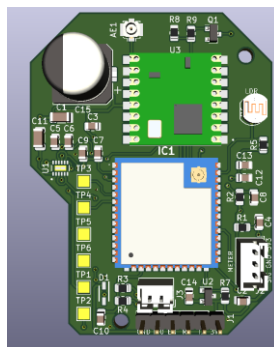


Figura 41: Propuesta de la siguiente versión de dispositivos GreenyWave

Integrasoft S.A.S también se encuentra desarrollando a la par una plataforma digital destinada para poder realizar la visualización y administración del funcionamiento de los dispositivos Greenywave. Dicha plataforma, GreenyWave Cloud aún se encuentra en desarrollo para poder brindar en el futuro este servicio de la mano con los dispositivos GreenyWave como tal.

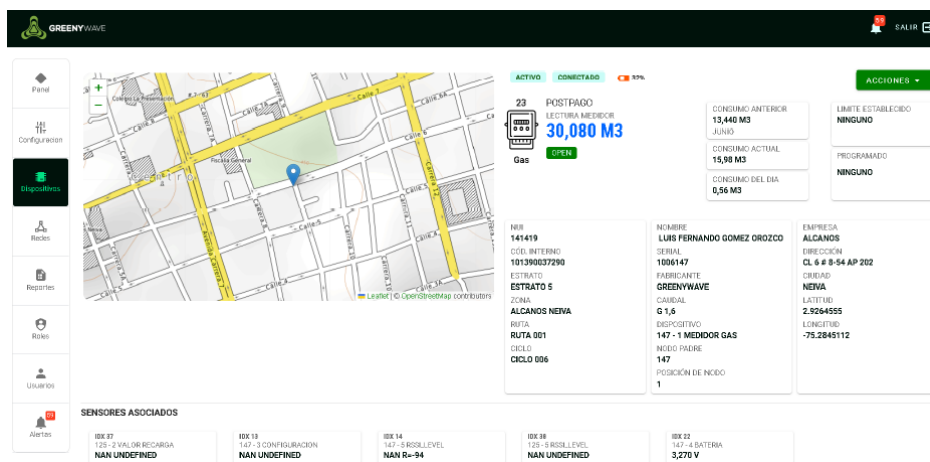


Figura 42: Interfaz Greenywave Cloud



## 6. Bibliografía

- Alai. (18 de Agosto de 2021). *Alai Secure*. Obtenido de <https://alaisecure.co/glosario/radiofrecuencia-en-telecomunicaciones-que-es-y-como-funciona>
- America, L. (7 de Enero de 2022). *Lanner*. Obtenido de <https://www.lanner-america.com/es/blog-es/que-es-un-gateway-iot/>
- APITech. (23 de Mayo de 2021). *RF & Microwave Amplifiers for Electronic Warfare, Space and Telecommunications*. Obtenido de <https://info.apitech.com/rf-amplifiers-va>
- Atmel. (2014). *Microchip*. Obtenido de <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-46002-SE-M90E26-Datasheet.pdf>
- Gillis, A. S. (2022). What is the internet of things (IoT)? *TechTarget*.
- Integrasoft. (2020). *Integrasoft S.A.S.* Obtenido de [https://www.integrasoftsas.co/Sobre\\_Nosotros.aspx](https://www.integrasoftsas.co/Sobre_Nosotros.aspx)
- IPC, N. (2021 de Febrero de 2021). *ALdelta Technologies*. Obtenido de <https://www.aldeltatec.com/blog-diseno-con-normas-y-certificaciones/norma-ipc-2221b-para-diseno-de-pcb-actualizacion/>
- Jecrespom. (4 de Junio de 2022). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/03/05/redes-lpwan/#respond>
- LIMITED, M. T. (9 de Agosto de 2021). *Mokolora*. Obtenido de <https://www.mokolora.com/calculate-the-network-capacity-of-lorawan-gateway/>
- Logic, R. T. (2014 de Diciembre de 2014). *Real Time Logic*. Obtenido de <https://makoserver.net/smq-broker/#owncloud>
- Microchip. (2018). *Microchip*. Obtenido de <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATSHA204A-Data-Sheet-40002025A.pdf>
- Mitsubishi. (2022). *Mitsubishi Electric Corporation*. Obtenido de

<https://mx.mitsubishielectric.com/fa/es/solutions/efactory/enabling-technologies/mes-erp-and-cloud-appliances/iot-gateway/iot-gateway#:~:text=La%20puerta%20de%20enlace%20de%20IoT%20es%20una%20tecnología%20crucial,para%20un%20análisis%20más%20minucioso>.

Pérez, A., Nuñez, G., Rodríguez, A. P., Salazar, R., & Zilio, I. (5 de Julio de 2010). *Wireless Sensor Network*. Obtenido de <http://wirelessnetworkproyecto.blogspot.com/2010/07/topologias-de-red-wsn.html>

Zabaleta, M. (24 de mayo de 2021). *barbara*. Obtenido de <https://barbaraiot.com/blog/nodos-iot/>