

## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

### CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

**Tema: “Diseño y desarrollo de un prototipo de medición inteligente de agua y energía eléctrica conectados mediante LoRa / LoRaWAN, que permitan la lectura remota y precisa de consumos, logrando una reducción en los errores de facturación y permitan realizar una gestión eficiente de los servicios en instalaciones residenciales y comerciales.”**

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Ingeniero en telecomunicaciones

#### **Elaborado por:**

Méndez Tierra, Kevin Steven  
Tupiza Quimbiulco, Angelo Javier

#### **Director del Proyecto:**

Ing. Castro Carrera, Alejandro Fabián

Sangolquí, 2026



# Agenda

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA Y DESARROLLO
- IMPLEMENTACIÓN
- COSTOS
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- TRABAJOS FUTUROS





## INTRODUCCIÓN

- LoRa
- LoRa WAN
- Brecha Tecnológica
- ODS



## OBJETIVOS



## METODOLOGÍA Y DESARROLLO



## IMPLEMENTACIÓN



## COSTOS



## RESULTADOS

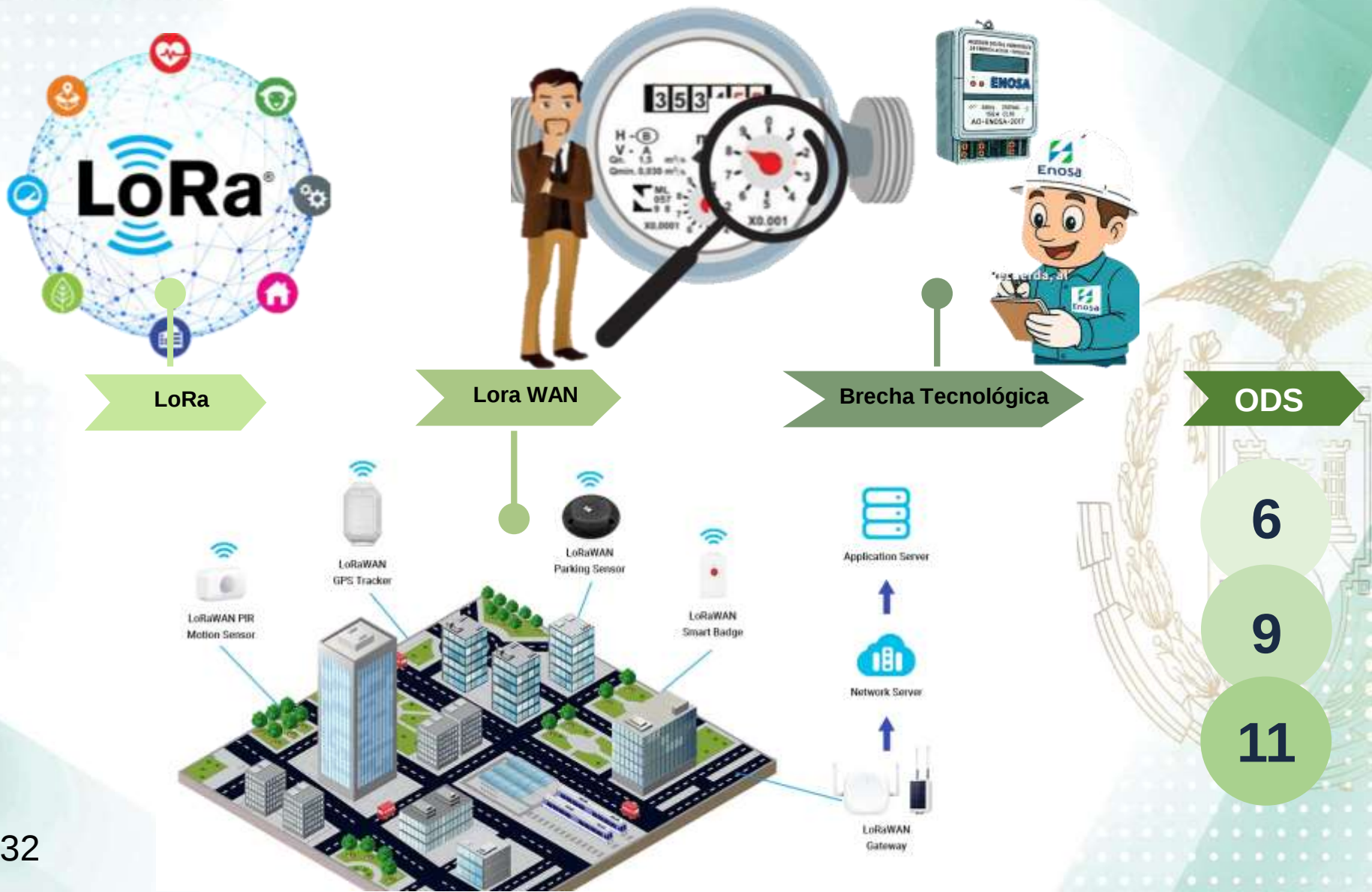


## CONCLUSIONES



## TRABAJOS FUTUROS

# Introducción





INTRODUCCIÓN



OBJETIVOS

- Objetivo General
- Objetivos Específicos



METODOLOGÍA Y DESARROLLO



IMPLEMENTACIÓN



COSTOS



RESULTADOS



CONCLUSIONES



TRABAJOS FUTUROS

# Objetivos

## *Objetivo general*

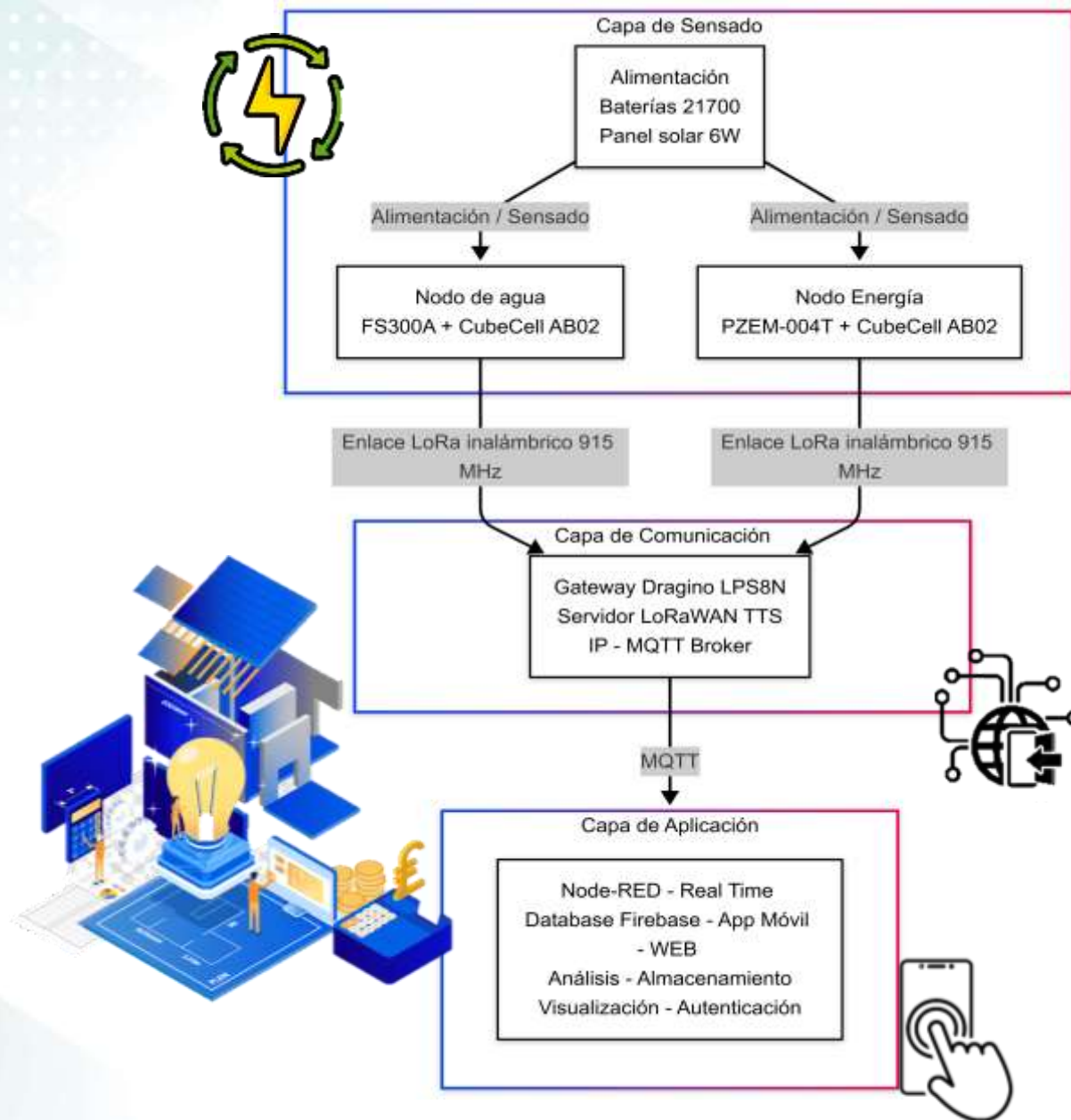
Desarrollar e implementar un sistema de medición inteligente de agua y energía eléctrica basado en tecnología LoRaWAN, que permita realizar lecturas remotas y precisas de consumo, reduciendo errores de facturación y optimizando la gestión de los recursos en entornos residenciales y comerciales.

## *Objetivos Específicos*

- Diseñar la arquitectura de red IoT-LoRaWAN para la comunicación de los nodos de medición y el servidor de datos.
- Implementar dos nodos de medición: uno para consumo de agua y otro para consumo de energía eléctrica, integrando sensores y módulos de comunicación de bajo consumo.
- Desarrollar la plataforma de gestión en la nube para el almacenamiento, visualización y análisis de los datos en tiempo real.

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ◀ | INTRODUCCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ◀ | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ✓ | METODOLOGÍA Y DESARROLLO                                                                                                                                                                                                                                            |
|   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Arquitectura General</li><li>• Gateway y Servidor LoRaWAN</li><li>• Nodo medidor de consumo de agua</li><li>• Nodo medidor de consumo de electricidad</li><li>• Dashboard de Monitoreo</li><li>• Aplicación Móvil</li></ul> |
| ◀ | IMPLEMENTACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ◀ | COSTOS                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ◀ | RESULTADOS                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ◀ | CONCLUSIONES                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ◀ | TRABAJOS FUTUROS                                                                                                                                                                                                                                                    |

# Arquitectura General



# Gateway y Servidor LoRaWAN



Antena exterior



Gateway LoRaWAN  
Dragino LPS8N



MongoDB



Realtime  
Database  
Firebase



The  
Things  
Stack



Raspberry Pi 5



Node-RED



# Nodo medidor de consumo de agua

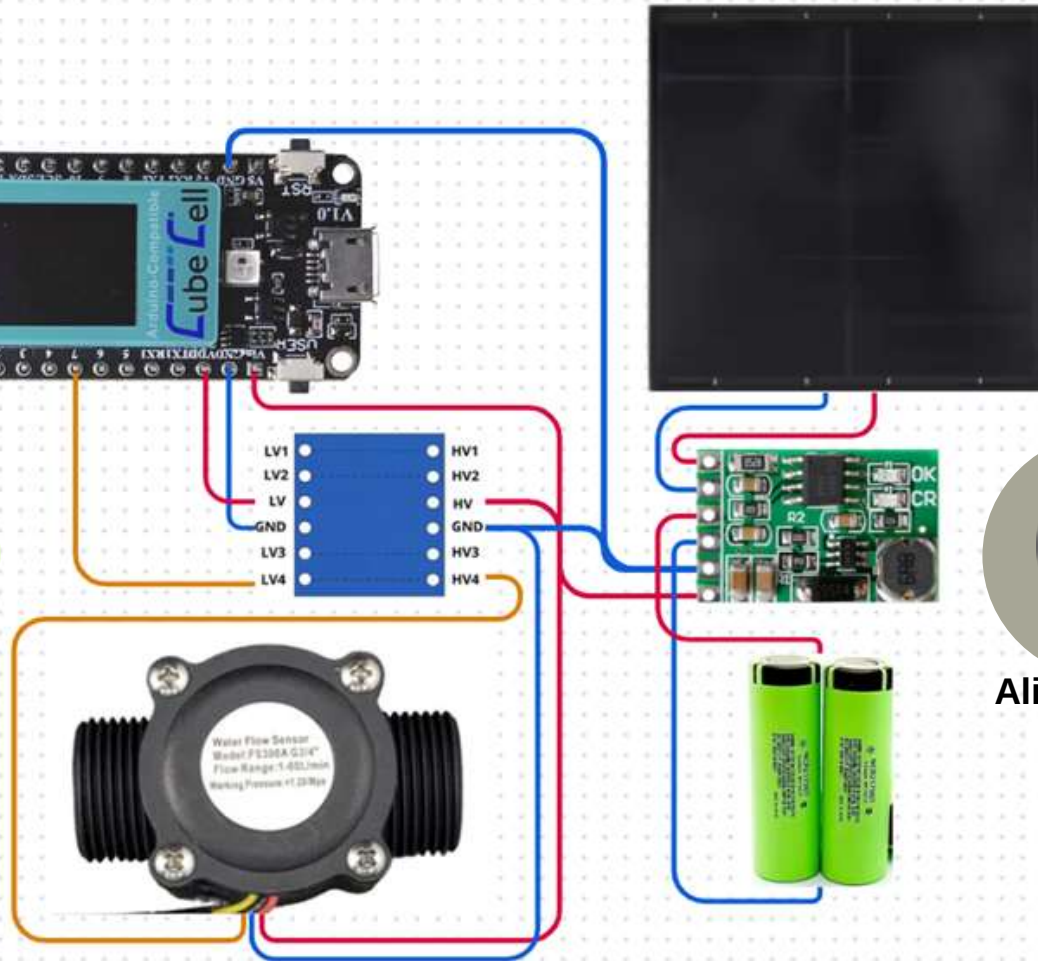
Conectividad



Compatibilidad  
lógica



Costo Bajo



Alimentación  
dual



# Nodo medidor de consumo de electricidad

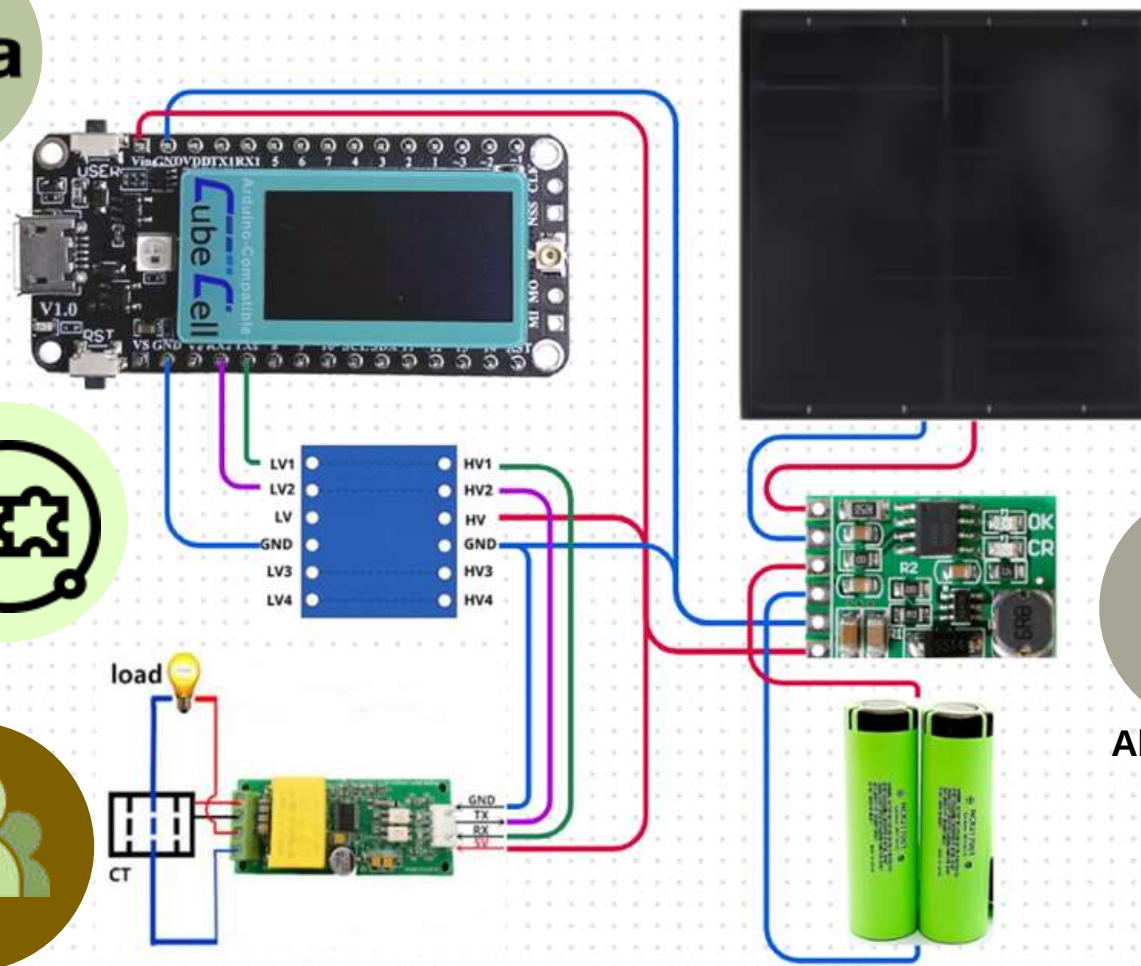
Conectividad



Compatibilidad  
lógica



Costo  
Medio



Alimentación  
dual

# Dashboard de monitoreo



Node-RED



Terminal de  
administrador

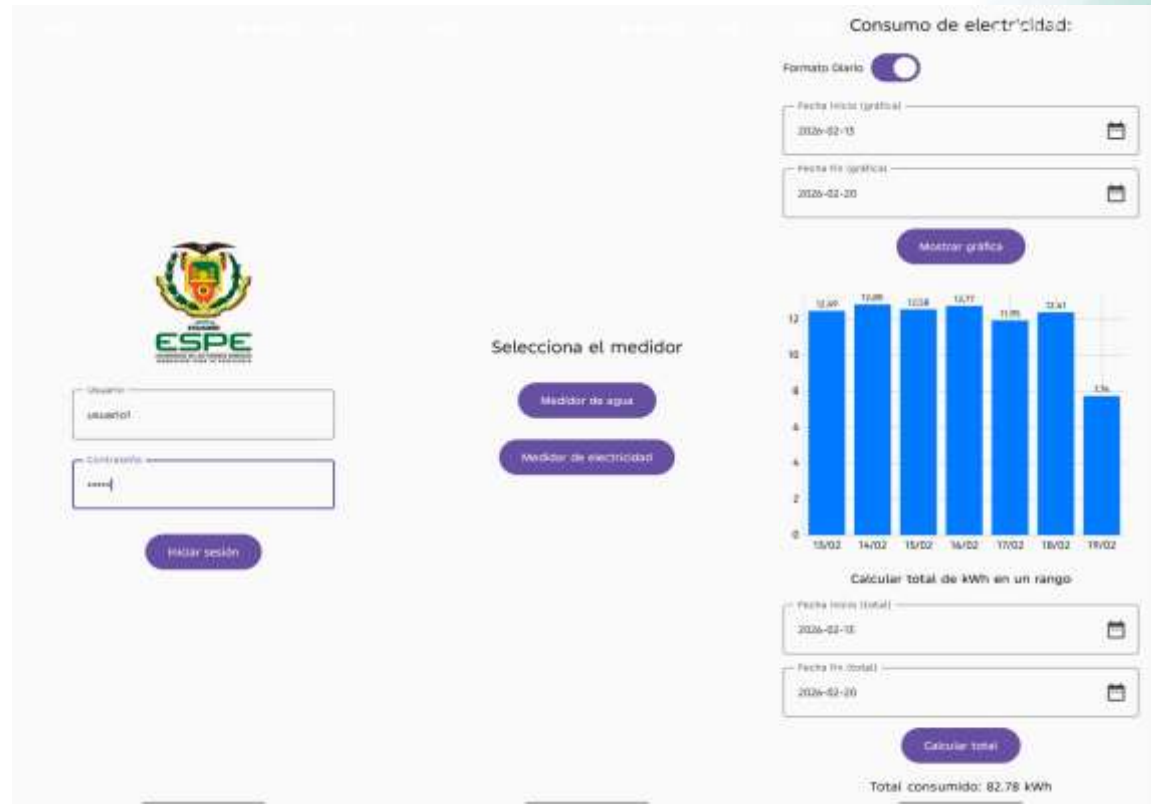


# Aplicación Móvil

Realtime  
Database  
Firebase



Android  
Studio

The image shows a mobile application interface for ESPE (Universidad de las Fuerzas Armadas). The interface is divided into three main sections. The top section is a login screen with the ESPE logo at the top, followed by input fields for "Usuario:" (containing "usuario1") and "Contraseña:" (containing "123456"), and a "Iniciar sesión" button. The middle section is titled "Selecciona el medidor" (Select the meter) and has two buttons: "Medidor de agua" (Water meter) and "Medidor de electricidad" (Electricity meter). The bottom section is titled "Consumo de electricidad:" (Electricity consumption:). It includes a "Formato Gráfico" toggle switch set to "On". Below this are two date pickers: "Fecha Inicio (gráfica):" (2026-02-13) and "Fecha Fin (gráfica):" (2026-02-20), with a "Mostrar gráfica" button. A bar chart displays electricity consumption data for dates from 13/02 to 19/02. The y-axis ranges from 0 to 12. The data points are: 13/02 (12.00), 14/02 (12.00), 15/02 (12.00), 16/02 (12.00), 17/02 (11.00), 18/02 (12.00), and 19/02 (1.50). Below the chart is a section titled "Calcular total de kWh en un rango:" (Calculate total kWh in a range:). It has two date pickers: "Fecha Inicio (total):" (2026-02-13) and "Fecha Fin (total):" (2026-02-20), with a "Calcular total" button. At the bottom, it displays "Total consumido: 82.78 kWh".



INTRODUCCIÓN



OBJETIVOS



METODOLOGÍA Y DESARROLLO



IMPLEMENTACIÓN

- Gateway y Servidor LoRaWAN
- Nodo medidor de consumo de agua
- Nodo medidor de consumo de electricidad



COSTOS



RESULTADOS



CONCLUSIONES



TRABAJOS FUTUROS

# Gateway y Servidor LoRaWAN

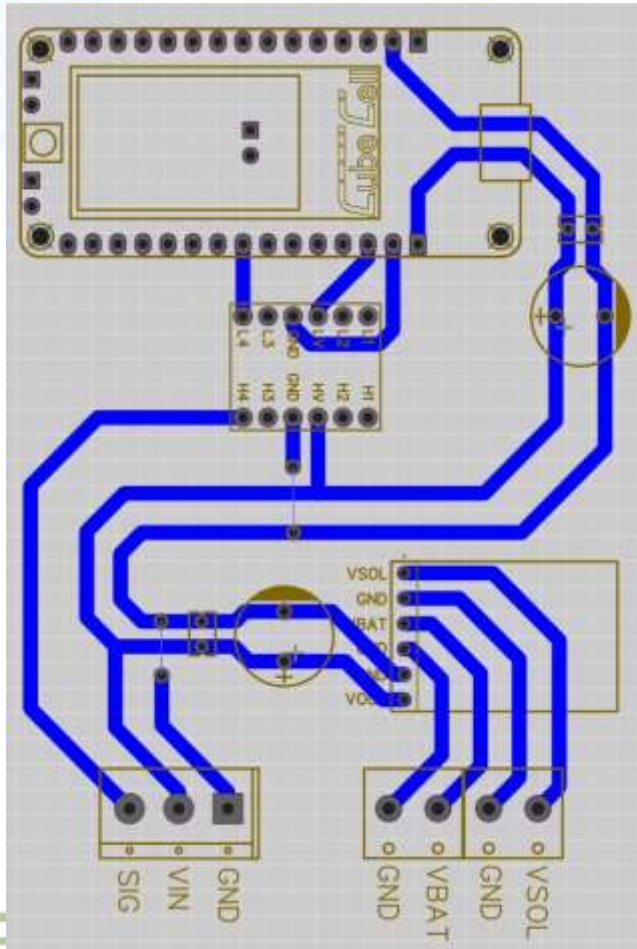
Gateway

Servidor



# Nodo medidor de consumo de agua

Diseño esquemático en Placa PCB

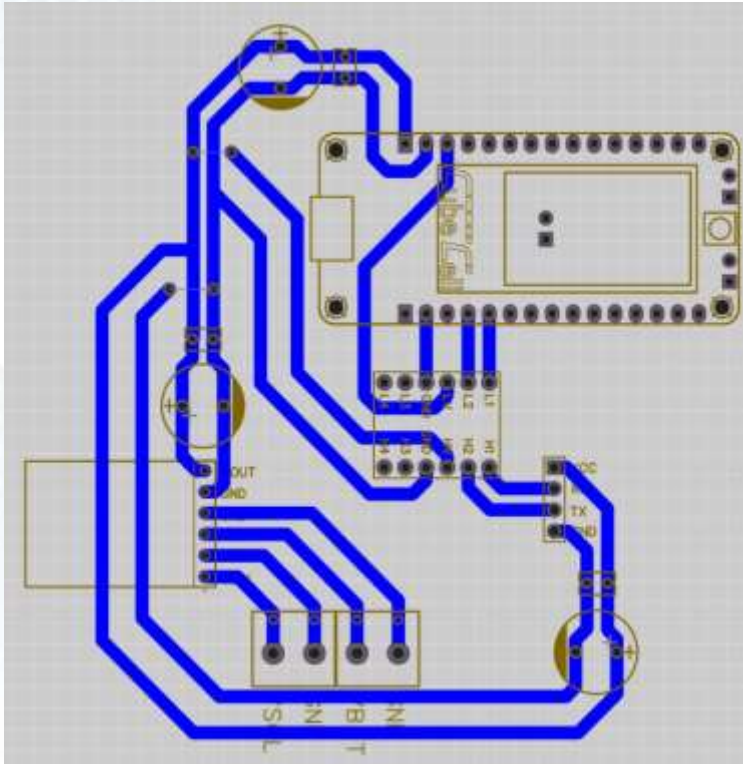


Prototipo implementado



# Nodo medidor de consumo de electricidad

Diseño esquemático en Placa PCB



Prototipo implementado



# Funcionamiento de prototipo

|   |                                                                                                                                                                                |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ◀ | INTRODUCCIÓN                                                                                                                                                                   |
| ◀ | OBJETIVOS                                                                                                                                                                      |
| ◀ | METODOLOGÍA Y DESARROLLO                                                                                                                                                       |
| ◀ | IMPLEMENTACIÓN                                                                                                                                                                 |
| ✓ | COSTOS                                                                                                                                                                         |
|   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Costo de los Nodos de Agua y Electricidad</li><li>• Costo del Gateway y Servidor LoRaWan</li><li>• Costo Global del Proyecto</li></ul> |
| ◀ | RESULTADOS                                                                                                                                                                     |
| ◀ | CONCLUSIONES                                                                                                                                                                   |
| ◀ | TRABAJO FUTURO                                                                                                                                                                 |

# Costo de los Nodos Medidores Agua y Electricidad

| Producto                                                      | Cantidad | Precio unitario [\$] | Total [\$]      |
|---------------------------------------------------------------|----------|----------------------|-----------------|
| <b>Nodo Medidor de Agua</b>                                   |          |                      |                 |
| Heltec-Placa de desarrollo de HTCC-AB02 CubeCell Plus         | 1        | 34.44                | 34.44           |
| Sensor De Caudal Flujo De Agua Fs300a ¾                       | 1        | 15.2                 | 15.2            |
| Conversor Nivel Lógico Bidereccional 4ch 3.v 5v I2c           | 1        | 1.55                 | 1.55            |
| Charger 5V Discharger Board DC DC Converter Boost Module      | 1        | 1.82                 | 1.82            |
| Mini Solar Panel 5W 6V Cell Module Photovoltaic Board Outdoor | 1        | 10.42                | 10.42           |
| Batería recargable 21700, 3,7 V, 4800mAh                      | 2        | 5.75                 | 11.5            |
| Soporte de batería 21700 de 2 ranuras                         | 1        | 1.18                 | 1.18            |
| Placa impresa en baquelita FR4                                | 1        | 7.5                  | 7.5             |
| Caja plastica IP65                                            | 1        | 12.5                 | 12.5            |
|                                                               |          | <b>TOTAL</b>         | <b>\$ 96.11</b> |
| <b>Nodo Medidor de Electricidad</b>                           |          |                      |                 |
| Heltec-Placa de desarrollo de HTCC-AB02 CubeCell Plus         | 1        | 34.44                | 34.44           |
| PZEM 004T 4,0 vatímetro monofásico Kwh medidor 220V 100A      | 1        | 26                   | 26              |
| Conversor Nivel Lógico Bidereccional 4ch 3.v 5v I2c           | 1        | 1.55                 | 1.55            |
| Charger 5V Discharger Board DC DC Converter Boost Module      | 1        | 1.82                 | 1.82            |
| Mini Solar Panel 5W 6V Cell Module Photovoltaic Board Outdoor | 1        | 10.42                | 10.42           |
| Batería recargable 21700, 3,7 V, 4800mAh                      | 2        | 5.75                 | 11.5            |
| Soporte de batería 21700 de 2 ranuras                         | 1        | 1.18                 | 1.18            |
| Placa impresa en baquelita FR4                                | 1        | 14.5                 | 14.5            |

# Costo Global del Proyecto

| Producto                                         | Cantidad | Precio unitario [\$]  | Total [\$]       |
|--------------------------------------------------|----------|-----------------------|------------------|
| <b>Gateway LoRaWAN</b>                           |          |                       |                  |
| LPS8N Indoor LoRaWAN Gateway WIFI 3G 4G Cellular | 1        | 214.88                | 214.88           |
| Waterproof 915MHz External LoRawan Antenna 2 dBi | 1        | 10.68                 | 10.68            |
| Connector SMA/RP-SMA Male to RP-SMA/SMA Female   | 1        | 3.22                  | 3.22             |
|                                                  |          | <b>TOTAL</b>          | <b>\$ 228.78</b> |
| <b>Servidor LoRaWAN</b>                          |          |                       |                  |
| Raspberry Pi 5 8GB                               | 1        | 97.87                 | 97.87            |
| SanDisk Extreme microSDXC UHS-I de 256 GB        | 1        | 34.99                 | 34.99            |
|                                                  |          | <b>TOTAL</b>          | <b>\$ 132.86</b> |
| <b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>                  |          | <b>Inversión [\$]</b> |                  |
| Nodo medidor de consumo de agua                  |          | 96.11                 |                  |
| Nodo medidor de consumo de electricidad          |          | 119.41                |                  |
| Gateway LoRaWAN                                  |          | 228.78                |                  |
| Servidor LoRaWAN                                 |          | 132.86                |                  |
|                                                  |          | <b>TOTAL</b>          | <b>\$ 577.16</b> |

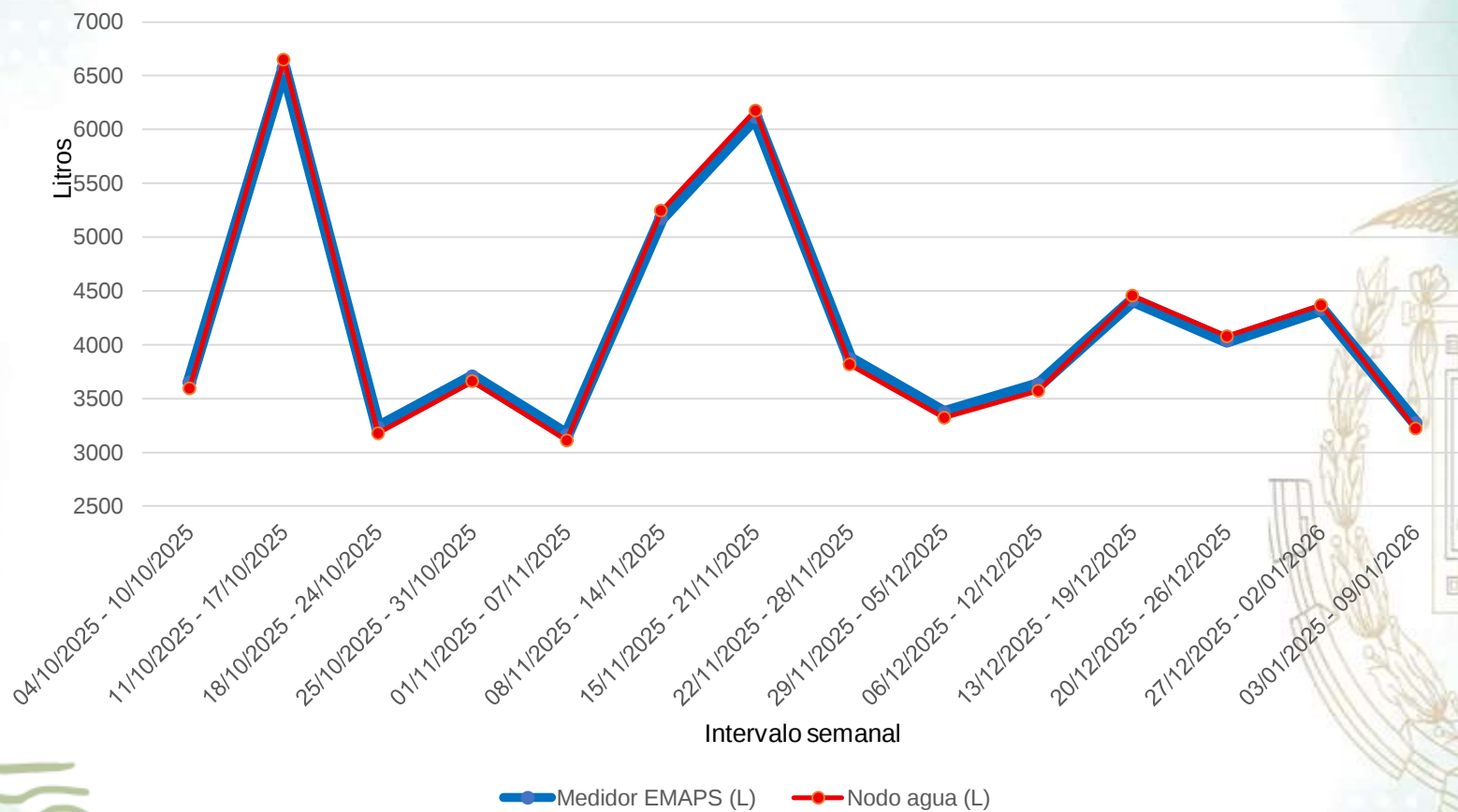
- ◀ INTRODUCCIÓN
- ◀ OBJETIVOS
- ◀ METODOLOGÍA Y DESARROLLO
- ◀ IMPLEMENTACIÓN
- ◀ COSTOS
- ✓ RESULTADOS
  - Consumo del Nodo y Medidor de Agua
  - Patrón de Consumo de Agua
  - Consumo del Nodo y Medidor de Electricidad
  - Patrón de Consumo de Electricidad
- ◀ CONCLUSIONES
- ◀ TRABAJOS FUTUROS

# Consumo Nodo IoT y Medidor Convencional de agua

| Intervalo de medición   | Medidor convencional<br>[litros] | Nodo Agua<br>[litros] | Error absoluto<br>[litros] | Error relativo<br>[%] |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| 04/10/2025 - 10/10/2025 | 3649.16                          | 3592.12               | 57.04                      | 1.5631                |
| 11/10/2025 - 17/10/2025 | 6571.66                          | 6649.46               | 77.8                       | 1.1839                |
| 18/10/2025 - 24/10/2025 | 3226.02                          | 3177.16               | 48.86                      | 1.5146                |
| 25/10/2025 - 31/10/2025 | 3703.93                          | 3657.35               | 46.58                      | 1.2576                |
| 01/11/2025 - 07/11/2025 | 3161.29                          | 3109.03               | 52.26                      | 1.6531                |
| 08/11/2025 - 14/11/2025 | 5175.38                          | 5243.97               | 68.59                      | 1.3253                |
| 15/11/2025 - 21/11/2025 | 6114.45                          | 6174.84               | 60.39                      | 0.9877                |
| 22/11/2025 - 28/11/2025 | 3867.74                          | 3812.92               | 54.82                      | 1.4174                |
| 29/11/2025 - 05/12/2025 | 3366.14                          | 3322.18               | 43.96                      | 1.3059                |
| 06/12/2025 - 12/12/2025 | 3630.37                          | 3573.36               | 57.01                      | 1.5704                |
| 13/12/2025 - 19/12/2025 | 4412.38                          | 4455.2                | 42.82                      | 0.9705                |
| 20/12/2025 - 26/12/2025 | 4036.24                          | 4078.54               | 42.3                       | 1.0480                |
| 27/12/2025 - 02/01/2026 | 4329.5                           | 4368.43               | 38.93                      | 0.8992                |
| 03/01/2025 - 09/01/2026 | 3272.19                          | 3217.64               | 54.55                      | 1.6671                |

# Patrón de Consumo de agua

Consumo de Agua

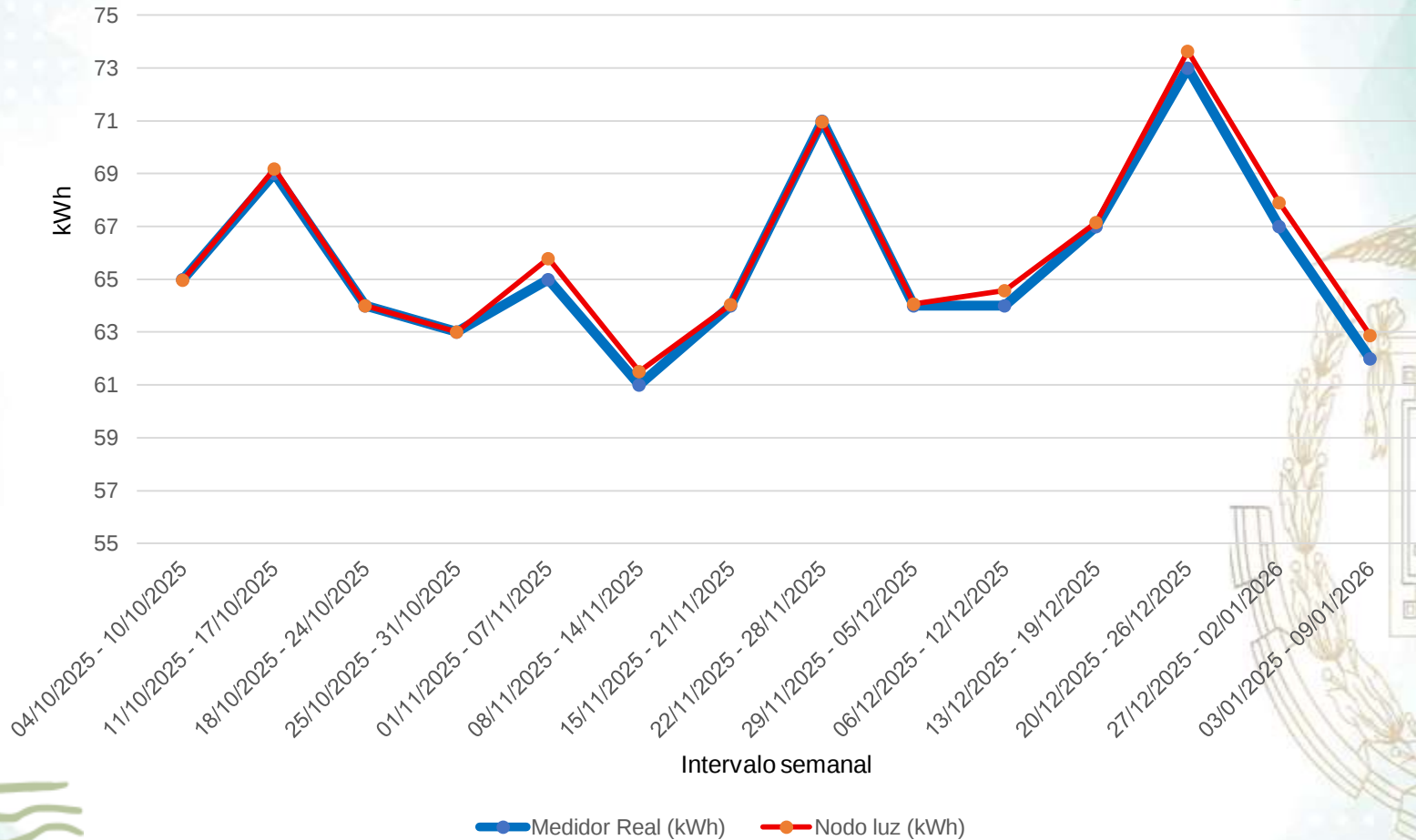


# Consumo Nodo IoT y Medidor Convencional de electricidad

| Intervalo de medición   | Medidor convencional<br>[kWh] | Nodo Luz<br>[kWh] | Error absoluto<br>[kWh] | Error relativo<br>[%] |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| 04/10/2025 - 10/10/2025 | 65                            | 64.98             | 0.02                    | 0.0308                |
| 11/10/2025 - 17/10/2025 | 69                            | 69.18             | 0.18                    | 0.2609                |
| 18/10/2025 - 24/10/2025 | 64                            | 64                | 0                       | 0.0000                |
| 25/10/2025 - 31/10/2025 | 63                            | 63.02             | 0.02                    | 0.0317                |
| 01/11/2025 - 07/11/2025 | 65                            | 65.79             | 0.79                    | 1.2154                |
| 08/11/2025 - 14/11/2025 | 61                            | 61.52             | 0.52                    | 0.8525                |
| 15/11/2025 - 21/11/2025 | 64                            | 64.04             | 0.04                    | 0.0625                |
| 22/11/2025 - 28/11/2025 | 71                            | 70.98             | 0.02                    | 0.0282                |
| 29/11/2025 - 05/12/2025 | 64                            | 64.08             | 0.08                    | 0.1250                |
| 06/12/2025 - 12/12/2025 | 64                            | 64.58             | 0.58                    | 0.9062                |
| 13/12/2025 - 19/12/2025 | 67                            | 67.15             | 0.15                    | 0.2239                |
| 20/12/2025 - 26/12/2025 | 73                            | 73.63             | 0.63                    | 0.8630                |
| 27/12/2025 - 02/01/2026 | 67                            | 67.9              | 0.9                     | 1.3433                |
| 03/01/2025 - 09/01/2026 | 62                            | 62.88             | 0.88                    | 1.4194                |

# Patrón de Consumo de electricidad

Consumo Energético



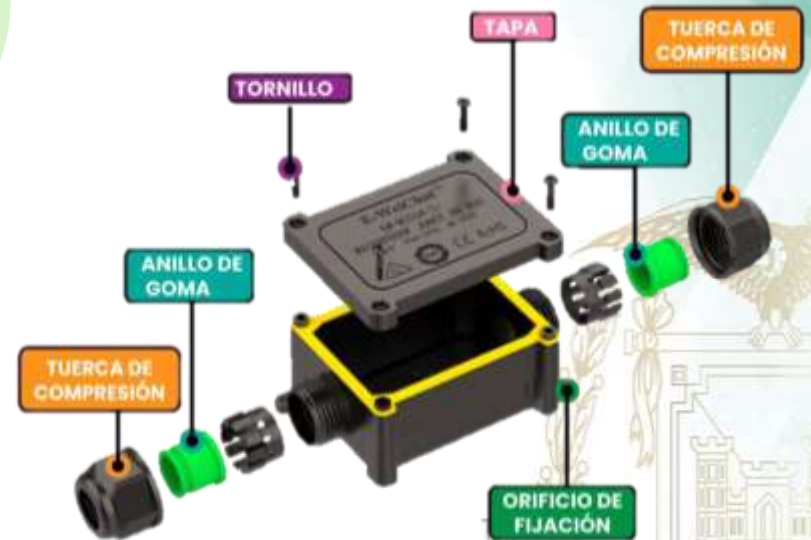
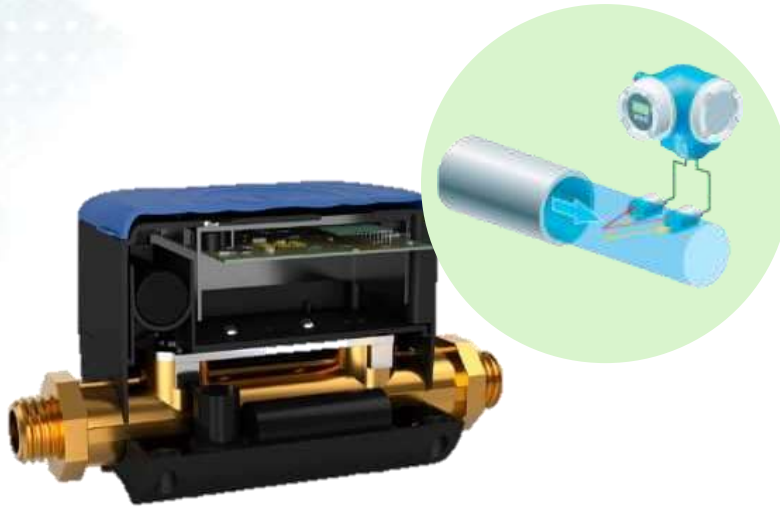
- ◀ INTRODUCCIÓN
- ◀ OBJETIVOS
- ◀ METODOLOGÍA Y DESARROLLO
- ◀ IMPLEMENTACIÓN
- ◀ COSTOS
- ◀ RESULTADOS
- ✓ CONCLUSIONES
- ◀ TRABAJOS FUTUROS

## Conclusiones

- Arquitectura IoT LoRaWAN integrada: nodos, gateway, servidor y aplicación para comunicación y gestión remota.
- Nodos IoT de agua y energía con sensores y módulos LoRaWAN para adquisición y transmisión periódica de datos, al servidor.
- Aplicación en la nube (Firebase) para monitoreo en tiempo real e histórico.
- Arquitectura IoT LoRaWAN demuestra confiabilidad, errores  $<1.6\%$ , viabilidad, monitoreo inteligente de agua y energía, base para smart cities.
- Sistema, cumple los objetivos propuestos, combinación IoT–LoRaWAN viable y eficiente, medición inteligente.

- ◀ INTRODUCCIÓN
- ◀ OBJETIVOS
- ◀ METODOLOGÍA Y DESARROLLO
- ◀ IMPLEMENTACIÓN
- ◀ COSTOS
- ◀ RESULTADOS
- ◀ CONCLUSIONES
- ✓ TRABAJOS FUTUROS

# Trabajos futuros



## Bibliografía

LoRa Alliance. (2024). *LoRa Alliance*. Obtenido de LoRa Alliance: [https://lora-alliance.org/resource\\_hub/lorawan-specification/](https://lora-alliance.org/resource_hub/lorawan-specification/)

Centenaro, M., Vangelista, L., Zanella, A., & Zorzi, M. (2016). Long-range communications in unlicensed bands: The rising stars in the IoT and smart city scenarios. *IEEE Wireless Communications*, 23(5), 60–67.

Augustin, A., Yi, J., Clausen, T., & Townsley, W. (2016). A study of LoRa: Long range & low power networks for the Internet of Things. *Sensors*, 16(9), 1466.

Mutchek, M., & Williams, E. (2014). Moving towards sustainable and resilient smart water grids. *Challenges*, 5(1), 123–137.

Cominola, A., Giuliani, M., Castelletti, A., Rosenberg, D., & Abdallah, A. (2015). An internet of things-enabled smart water management system. *Environmental Modelling & Software*, 75, 180–190.

## Bibliografía

Pipattanasomporn, M., Kuzlu, M., & Rahman, S. (2012). An algorithm for intelligent home energy management and demand response analysis. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(4), 2166–2173.

Gungor, V. C., et al. (2011). Smart grid technologies: Communication technologies and standards. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 7(4), 529–539.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.

Al-Fuqaha, A., et al. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376.

United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2023). *Industrial Development Report 2023: Fostering innovation and sustainable infrastructure*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.

## **DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

### **CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**

**Tema: “Diseño y desarrollo de un prototipo de medición inteligente de agua y energía eléctrica conectados mediante LoRa / LoRaWAN, que permitan la lectura remota y precisa de consumos, logrando una reducción en los errores de facturación y permitan realizar una gestión eficiente de los servicios en instalaciones residenciales y comerciales.”**

**Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Ingeniero en telecomunicaciones**

#### **Elaborado por:**

Méndez Tierra, Kevin Steven  
Tupiza Quimbiulco, Angelo Javier

#### **Director del Proyecto:**

Ing. Castro Carrera, Alejandro Fabián

Sangolquí, 2026