

Estación meteorolóxica e medioambiental con LoRaWAN



M. Carmen Currás Francos
Jorge Domínguez Balado

Historia do proxecto

- Necesidade de material para curso de especialización “Instalación e mantemento de sistemas conectados a internet (IoT)”
- Formación de profesionais que exerzan a súa actividade en empresas dedicadas á instalación, configuración, posta en servizo e mantemento de todo tipo de dispositivos desde sensores e actuadores a obxectos comúns en sistemas conectados a IoT
- Dispoñer de maquetas para prácticas e materiais e recursos didácticos
- “MeteoLoRa”, premio a proxecto de innovación na FP 2023
- Participantes no proxecto de innovación: 6 profesores do Departamento de Electrónica do IES Ricardo Mella, Vigo (Carmen Currás, Javier Darriba, Jorge Domínguez, Miguel Franco, Antonio Lago e Javier Pena), 3 profesores do Departamento de Fabricación Mecánica (IES Politécnico de Vigo), alumnado dos ciclos de FP de Electrónica e de Fabricación Mecánica

Redes para IoT, cal escoller?

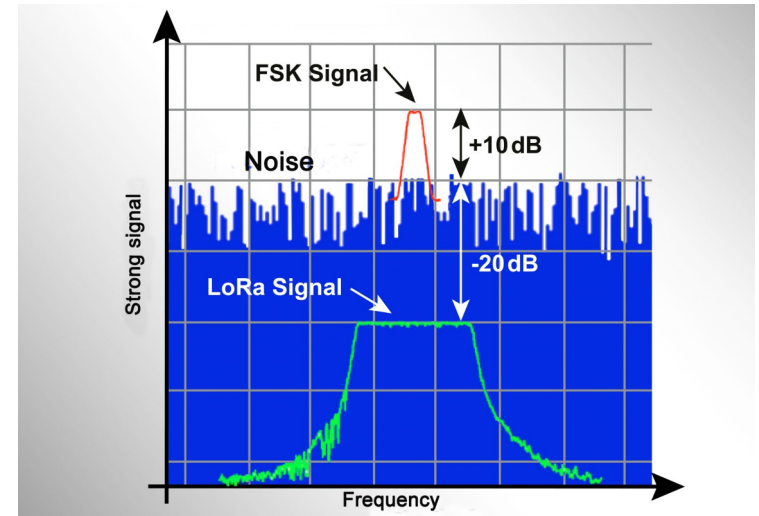
- Elección da tecnoloxía de comunicación para proxectos de IoT depende de diferentes criterios coma: custos, dispoñibilidade da tecnoloxía na localización, uso da enerxía, volume de datos a transmitir, frecuencia de envío de datos, seguridade
- O IoT en contornas estendidas require de protocolos de comunicación LPWAN (Low Power Wide Area Network, Rede de Baixo Consumo e Longo Alcance)
- Os protocolos LPWAN teñen unha velocidade de transmisión baixa. Están pensados para telemetría para manexar pequenos volumes de datos. Fotos e Vídeos están descartados

	Redes LPWAN			
	LPWAN celular		LPWAN non celular	
				
Frecuencia	Banda licenciada		Banda non licenciada	
Alcance	Máis de 10 Km			
Tasa de Datos	1 Mb/s	< 150 Kb/s	< 10 Kb/s	100 b/s
Duración batería	10 anos			

Rede LoRa / LoRaWAN

LoRa (capa física)

- Tecnoloxía inalámbrica (como WiFi, Bluetooth, LTE,...)
- Banda sin licencia 868 MHz
- Potencias de transmisión de baixo consumo (~100mW)
- Sensibilidade de recepción pode chegar a -149 dBm
- Pode decodificar sinais por debaixo do nivel de ruído
- Usa unha modulación de espectro ensanchado xerando un ancho de banda moito maior que o do sinal orixinal
- Alcance de >10 Km no rural (récord 1.336 Km)
- Pode transmitir só o 1% do tempo



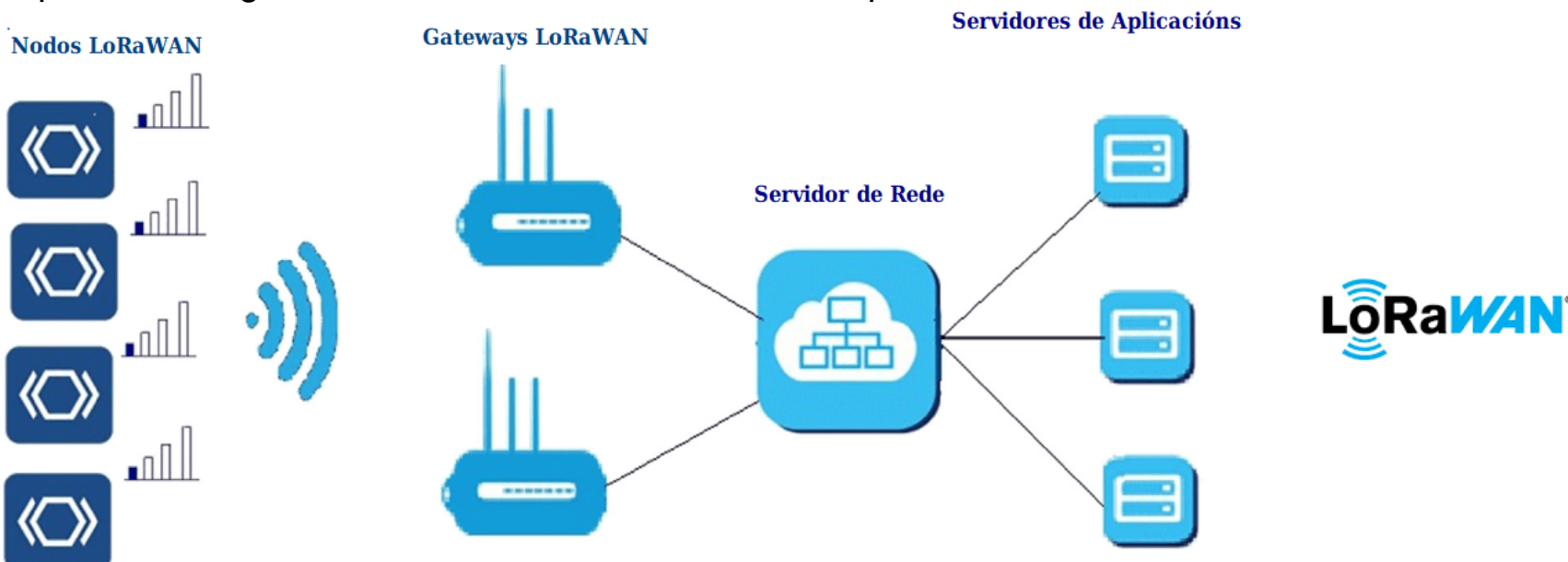
Fonte: <https://www.mokosmart.com/es/lora-frequency/>



Rede LoRa / LoRaWAN

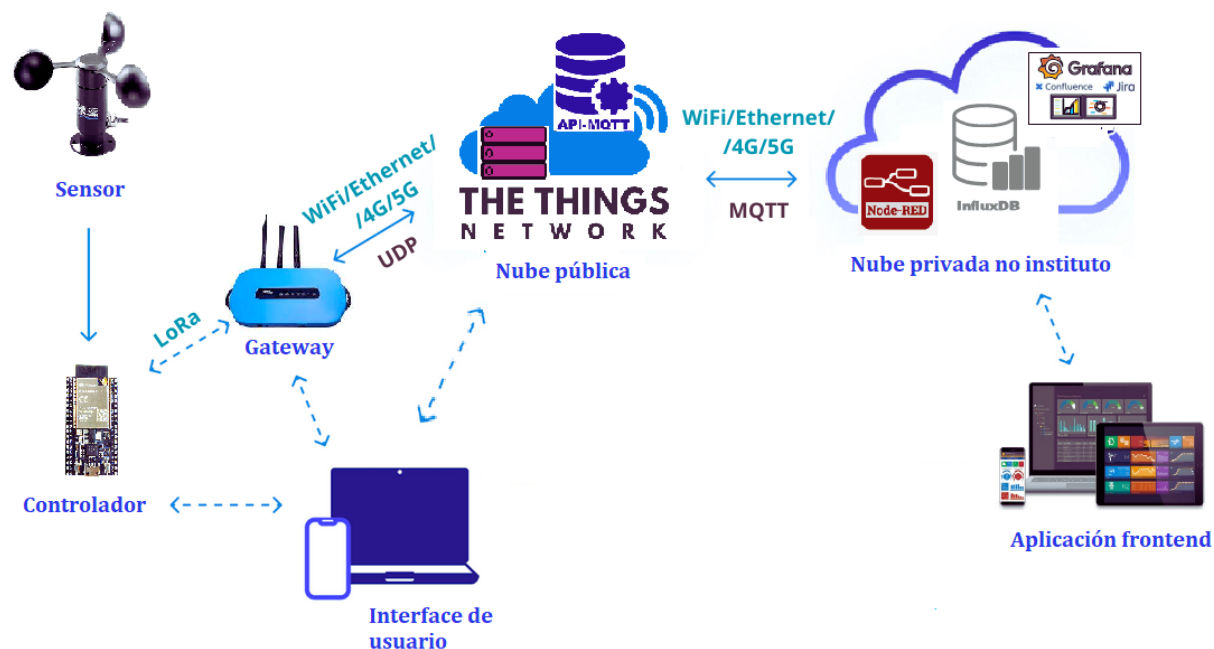
LoRaWAN (protocolo de acceso)

- Arquitectura de rede: nodos, gateways, servidor de rede, servidor de aplicación
- Implementa seguridade a nivel de rede e a nivel de aplicación



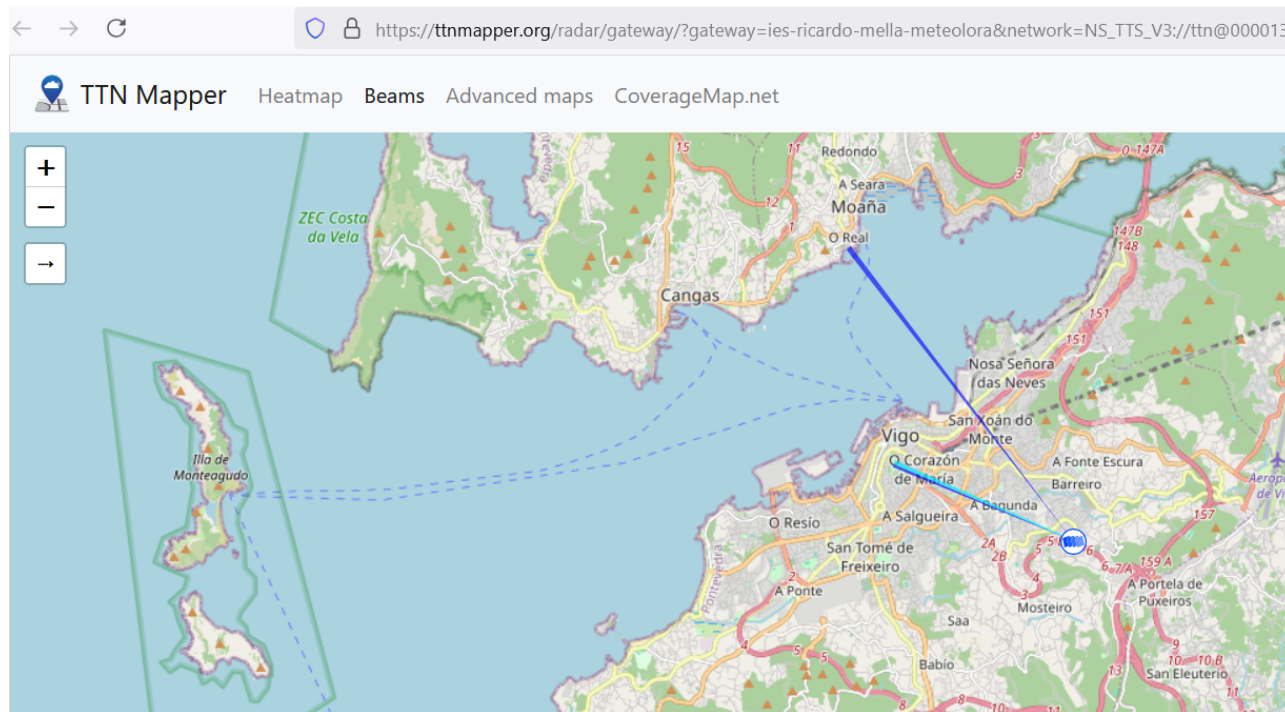
Infraestrutura IoT empregada

- **Nodo** baseado no microcontrolador ESP32 + Sensores
- **Gateway LoRa / LoRaWAN** recibe mensaxes dun nodo LoRa e as reenvía ao servidor de rede
- **Servidor de rede TTN** (The Things Network, provedor de servizo na nube). Recibe datos do gateway e prové de servidor para interactuar cos dispositivos con HTTP / MQTT
- **Servidor de aplicación no instituto** fai xestión de datos (Node-Red), almacenamento (base de datos InfluxDB) e de monitorización de datos (Grafana)



Por que escollemos o servidor TTN?

- A rede The Things Network é unha comunidade de gateways despregada de forma colaborativa, aberta e libre que permite a conectividade de dispositivos IoT sin custo
- Calquera nodo pode conectarse a calquera gateway
- Para saber se hai cobertura dalgún gateway:
TTN Mapper



Exemplo de despregamento

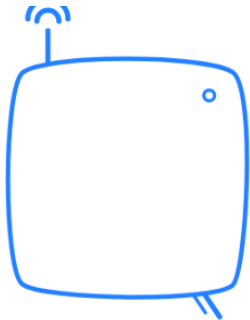
1) Rexistrar Gateway en TTN

- Crear unha conta na plataforma
- Acceder á consola de administración:
<https://eu1.cloud.thethings.network/console/>
- Rexistrar o gateway seguindo o manual de configuración do gateway
- Comprobar que está conectado

<https://eu1.cloud.thethings.network/console>



Go to applications



Go to gateways





Gateways

[+ Register gateway](#)

ID	Name	Gateway EUI	Status	Created at
ies-ricardo-mella-meteorora		C0 EE 40 FF FF 2A 1...	Connected	Oct 9, 2023

Exemplo de despregamento



2) Configurar nodo na rede TTN

Creamos aplicaciónEngadimos un dispositivoXeramos as claves

Create application

Within applications, you can register and manage end devices and their network. You can also choose from many integration options to pass relevant data to your external services. Learn more in our guide on [Adding Applications](#).

Application ID *

exemplo-ola-mundo

Application name

Ola Mundo

Description

Description for my new application

Optional application description; can also be used to save notes about the application.

Create application

Register end device

Does your end device have a LoRaWAN® Device Identification QR Code? Scan it to speed up onboarding.

Scan end device QR code

Device registration help

End device type

Input method

Select the end device in the LoRaWAN Device Repository

Enter end device specifics manually

Frequency plan *

Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 - recommended)

LoRaWAN version *

LoRaWAN Specification 1.0.3

Regional Parameters version *

RP001 Regional Parameters 1.0.3 revision A

Activation mode

Over the air activation (OTAA)

Activation by personalization (ABP)

Define multicast group (ABP & Multicast)

Additional LoRaWAN class capabilities

None (class A only)

eui-70b3d57ed0061e7e

ID: eui-70b3d57ed0061e7e

Overview

Live data

Messaging

Location

Payload formatters

General settings

General information

End device ID

Frequency plan

LoRaWAN version

Regional Parameters version

Created at

Activation information

eui-70b3d57ed0061e7e

Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 - recommended)

LoRaWAN Specification 1.0.3

RP001 Regional Parameters 1.0.3 revision A

Oct 19, 2023 21:36:47

AppEUI

0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00

lsb

<>

DevEUI

0x7E, 0x1E, 0x06, 0xD0, 0x7E, 0xD5, 0xB3, 0x70

lsb

<>

AppKey

0xD2, 0xA4, 0x34, 0x97, 0x37, 0x72, 0x28, 0xE3, 0xA7, 0x27, ...

msb

<>

9

Exemplo de despregamento

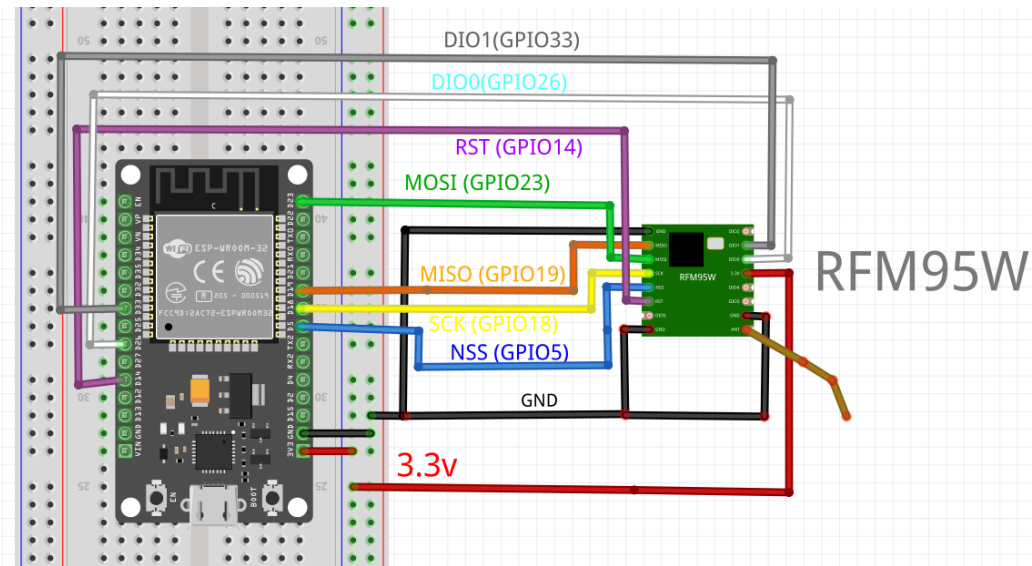
3) Conexión ESP32 a módulo LoRa RFM95W

- Conectar o ESP32 co módulo LoRa RFM95W (SX1276) por SPI

4) Instalar e configurar librería

- Instalar no IDE de Arduino a librería MCCI LoRaWAN LMIC
- Configurar a librería para o módulo SX1276 e para frecuencia de 868 MHz

```
// project-specific definitions
#define CFG_eu868 1
//#define CFG_us915 1
//#define CFG_aus915 1
//#define CFG_as923 1
//#define LMIC_COUNTRY_CODE LMIC_COUNTRY_CODE_JP
//#define CFG_kr920 1
//#define CFG_in866 1
#define CFG_sx1276_radio 1
//#define LMIC_USE_INTERRUPTS
```



Exemplo de despregamento

5) Uso sketch exemplo que envía Hello, world! (Arquivo>Exemplos>MCCI LoraWAN library>ttn-otaa

- Copiar as claves xeradas APPEUI, DEVEUI, APPKEY no código de Arduino

```
// This should be in little-endian (aka lsb).  
static const PROGMEM u1_t APPEUI[8] = { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};  
// This should be in little-endian (aka lsb).  
static const u1_t DEVEUI[8] = { 0x7E, 0x1E, 0x06, 0xD0, 0x7E, 0xD5, 0xB3, 0x70} ;  
// This should also be in big-endian (aka msb).  
static const u1_t PROGMEM APPKEY[16] = { 0xD2, 0xA4, 0x34, 0x97, 0x37, 0x72, 0x28, 0xE3, 0xA7,  
0x27, 0x41, 0xE1, 0xA5, 0x8F, 0x45, 0x1C };
```

- Definir as conexións entre ESP32 e o módulo LoRa

```
const lmic_pinmap lmic_pins = {  
  .nss = 5,  
  .rxtx = LMIC_UNUSED_PIN,  
  .rst = 14,  
  //If DIO2 is not connected use:  
  .dio = {26,33,LMIC_UNUSED_PIN}  
}
```

Exemplo de despregamento

6) Envío de datos ao servidor TTN

- Cando o sketch `ttn-otaa.ino` se executa, o nodo fai unha conexión co gateway e este recibe a mensaxe (payload) en HEX: `48656C6C6F2C20776F726C6421` que en ASCII é: **Hello, world!**

The screenshot shows the TTN Live Data interface for a device with ID `eui-70b3d57ed0061e7e`. The 'Live data' tab is active, displaying a list of messages. The third message, at 22:08:34, is highlighted with a red circle, showing a payload of `48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 ...`. To the right, a 'Hex to ASCII Text String Converter' is open, showing the conversion of the hex payload to the ASCII string 'Hello, world!'.

Time	Type	Data preview
22:09:40	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 5F 03 <> Payload: 48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 ...
22:09:40	Successfully processed data mes...	DevAddr: 26 0B 5F 03 <>
22:08:34	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 5F 03 <> Payload: 48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 ...
22:08:34	Successfully processed data mes...	DevAddr: 26 0B 5F 03 <>
22:07:28	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 5F 03 <> Payload: 48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 ...
22:07:28	Successfully processed data mes...	DevAddr: 26 0B 5F 03 <>
22:06:22	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 5F 03 <> Payload: 48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 ...
22:06:22	Successfully processed data mes...	DevAddr: 26 0B 5F 03 <>
22:05:16	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 5F 03 <> Payload: 48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 ...

Exemplo de despregamento

7) Configuración de nodo + sensor de temperatura BME280

- Sobre o sketch `ttn-otaa.ino` engadimos a programación da lectura da temperatura do sensor
- Aplicando un payload formatter axeitado podemos ler a temperatura en decimal

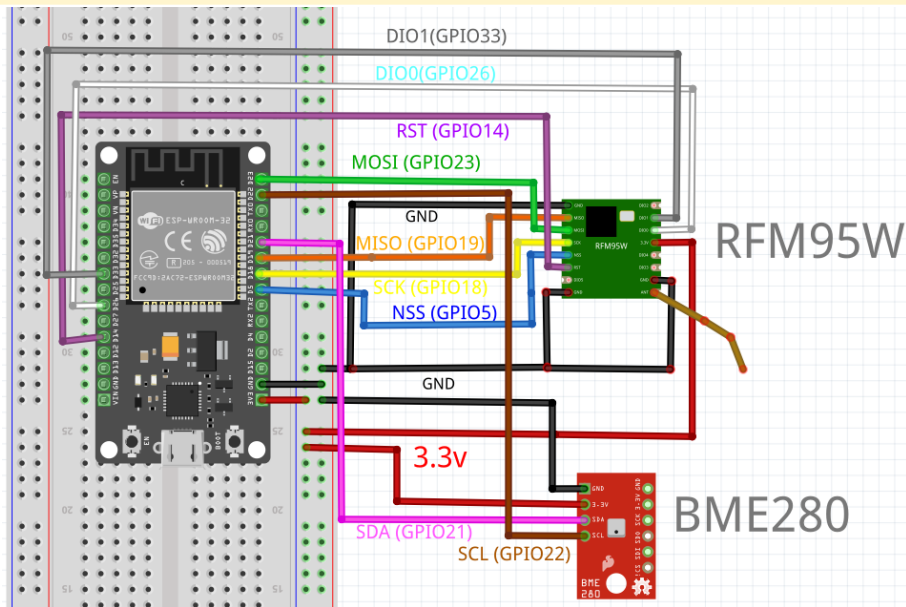
eui-mide-temp
ID: eui-mide-temp

↑ 39 ↓ 5 • Last activity 4 minutes ago

THE THINGS NETWORK
Nube pública

Overview **Live data** Messaging Location Payload formatters General settings

Time	Type	Data preview
↑ 23:39:33	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 67 83 <> Payload: { degreesC: 24.91455878125}
↑ 23:39:33	Successfully processed data mes...	DevAddr: 26 0B 67 83 <>
↑ 23:38:27	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 67 83 <> Payload: F9 6F 00 00 <> FPort:
↑ 23:38:27	Successfully processed data mes...	DevAddr: 26 0B 67 83 <>



Exemplo de despregamento

8) Habilitar a conexión por MQTT no servidor TTN



pruebas

Overview

End devices

Live data

Payload formatters

Integrations

MQTT

Webhooks

Storage Integration

AWS IoT

Azure IoT

LoRa Cloud

Collaborators

Applications > pruebas > MQTT

MQTT

MQTT is a publish/subscribe messaging protocol designed for IoT. Every application on TTS automatically exposes an MQTT endpoint. In order to connect to the MQTT server you need to create a new API key, which will function as connection password. You can also use an existing API key, as long as it has the necessary rights granted.

Further resources

[MQTT server](#) | [Official MQTT website](#)

Connection information

MQTT server host

Public address

eu1.cloud.thethings.network:1883

Public TLS address

eu1.cloud.thethings.network:8883

Connection credentials

Username

esp32-wroom-con-otaa@ttn

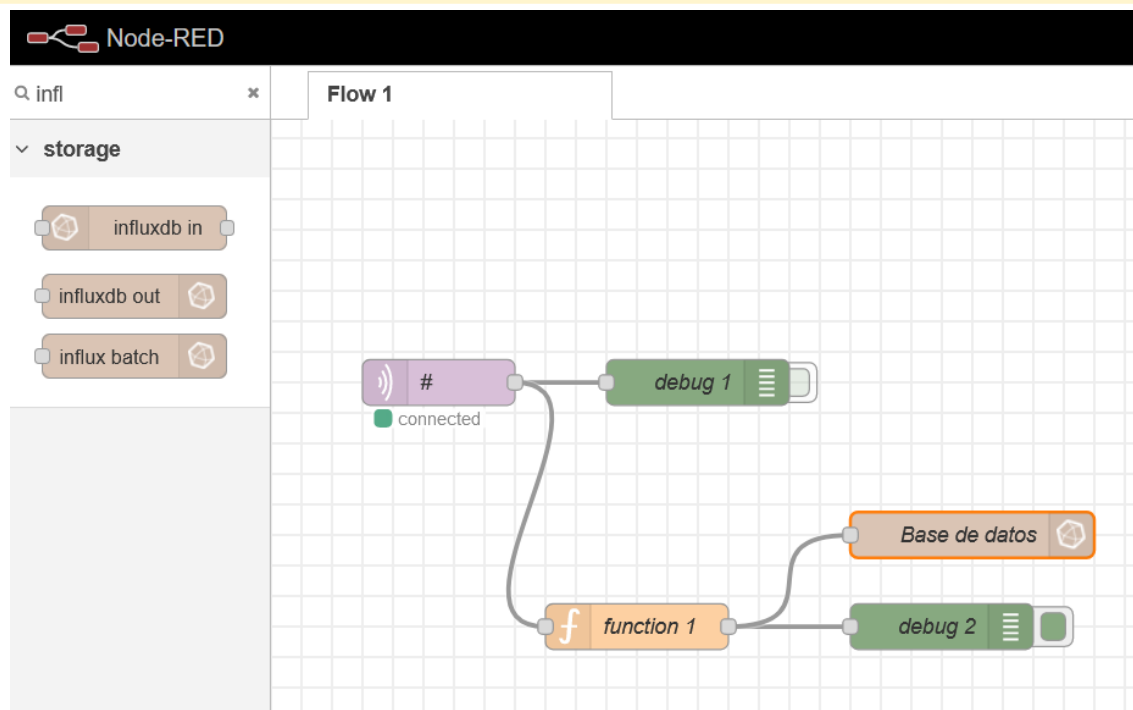
Password

.....

14

Exemplo de despregamento

9) Recoller os datos con Node-RED e gardalos na base de datos influxDB

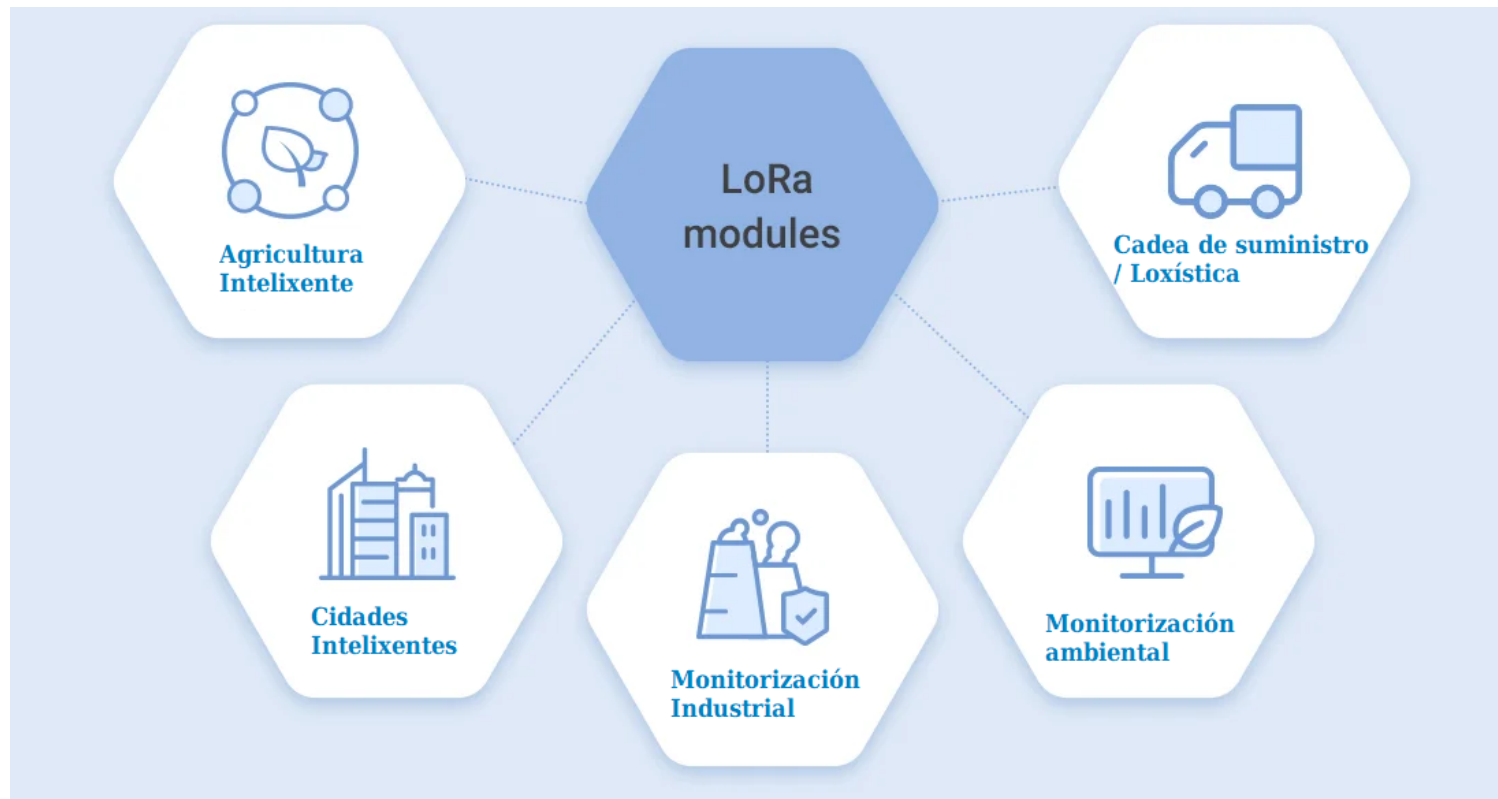


Exemplo de despregamento

10) Visualización con Grafana das medidas gardadas na base de datos

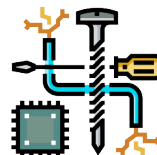
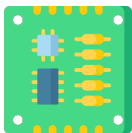


Aplicacións populares de LoRa



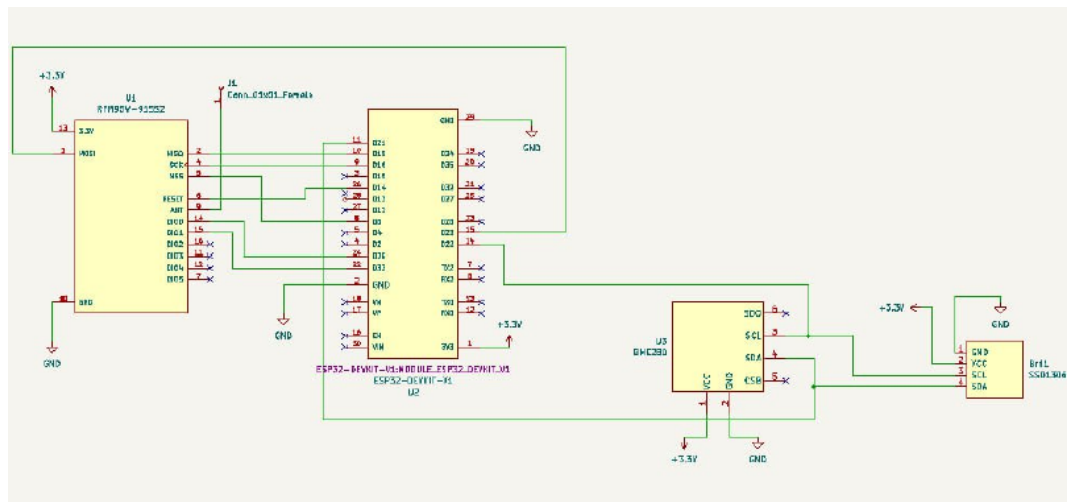
Caso práctico: estación meteorolóxica e medioambiental

- Placas deseñadas
- Sensores empregados
- Interconexión de elementos
- Medicións

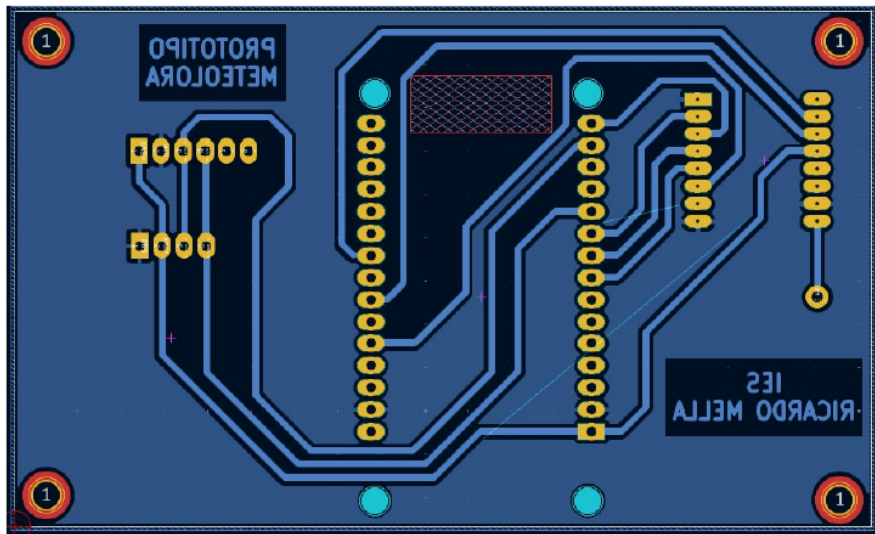


Placas diseñadas

- Placa con **ESP32-WROOM-32 VERSIÓN 1**
Microcontrolador + LoRa RFM95W + sensor BME280 + pantalla LCD



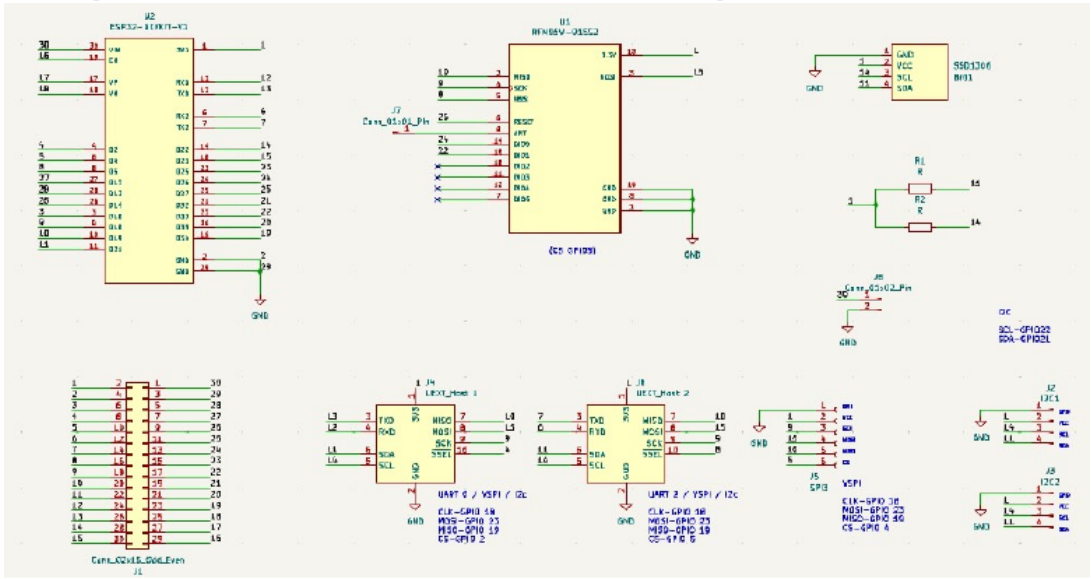
Esquemático



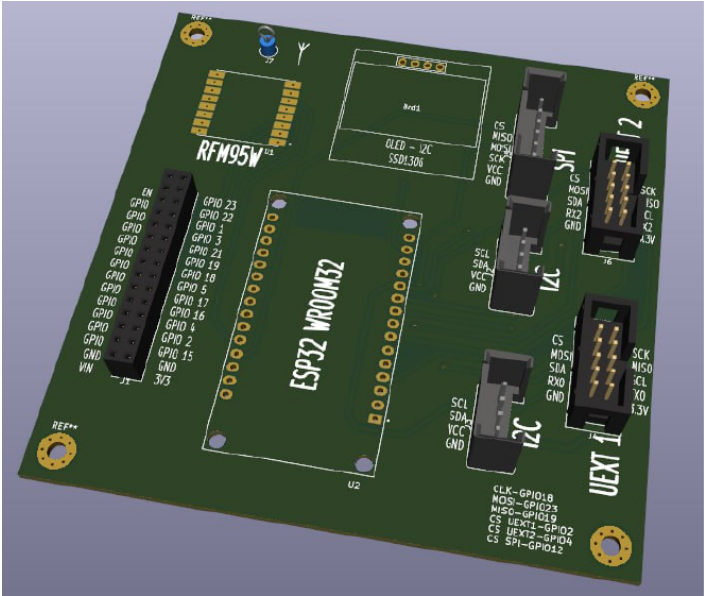
PCB

Placas diseñadas

- Placa con **ESP32-WROOM-32** **VERSIÓN 2**
Microcontrolador + LoRa RFM95W + sensor BME280 + pantalla LCD + conectores de expansión I2C / SPI + tira doble de pines



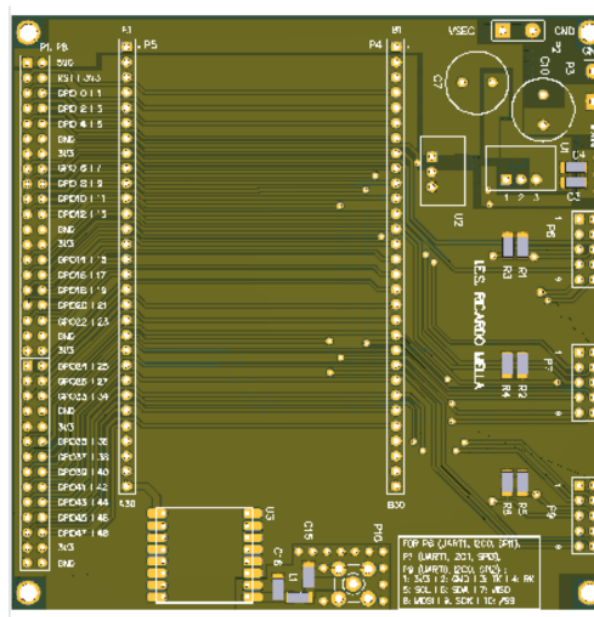
Esquemático



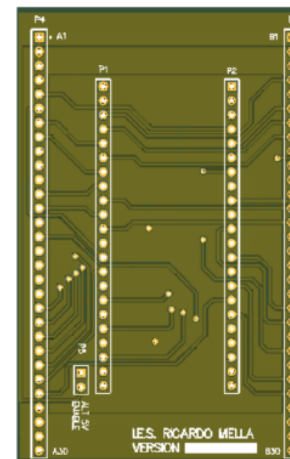
Placa en 3D

Placas diseñadas

- Placa con **ESP32-S3-DEVKITC-1 VERSIÓN 3**
Placa principal: Microcontrolador + LoRa RFM95W + conectores de expansión I2C / SPI + tira doble de pines
Placa intermedia: adaptadora



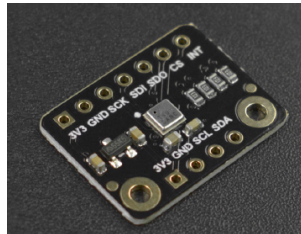
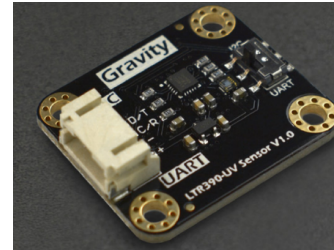
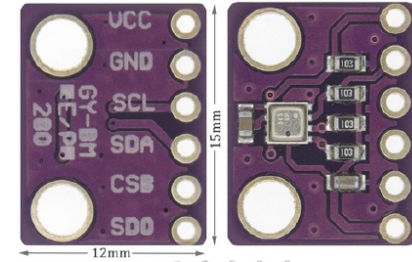
Placa principal



Placa adaptadora intermedia

Sensores empregados

- **Sensor BME280** (temperatura, humidade, presión atmosférica)
- **Sensor LTR390** (luminosidade e ultravioleta)
- **Sen0515** (calidade do aire)



Sensores empregados

- **Sen0470 (Dióxido de Xofre, SO₂)**
- **Sen0471 (Dióxido de Nitróxeno, NO₂)**
- **Sen0472 (Ozono, O₃)**



Sensores empregados

- **Sensor EZO-CO2 (Dióxido de carbono, CO2)**



- **Sensor de partículas PMS5003**



- **Piranómetro (radiación solar)**



Sensores empregados

- **Pluviómetro (cantidade de chuvia)**



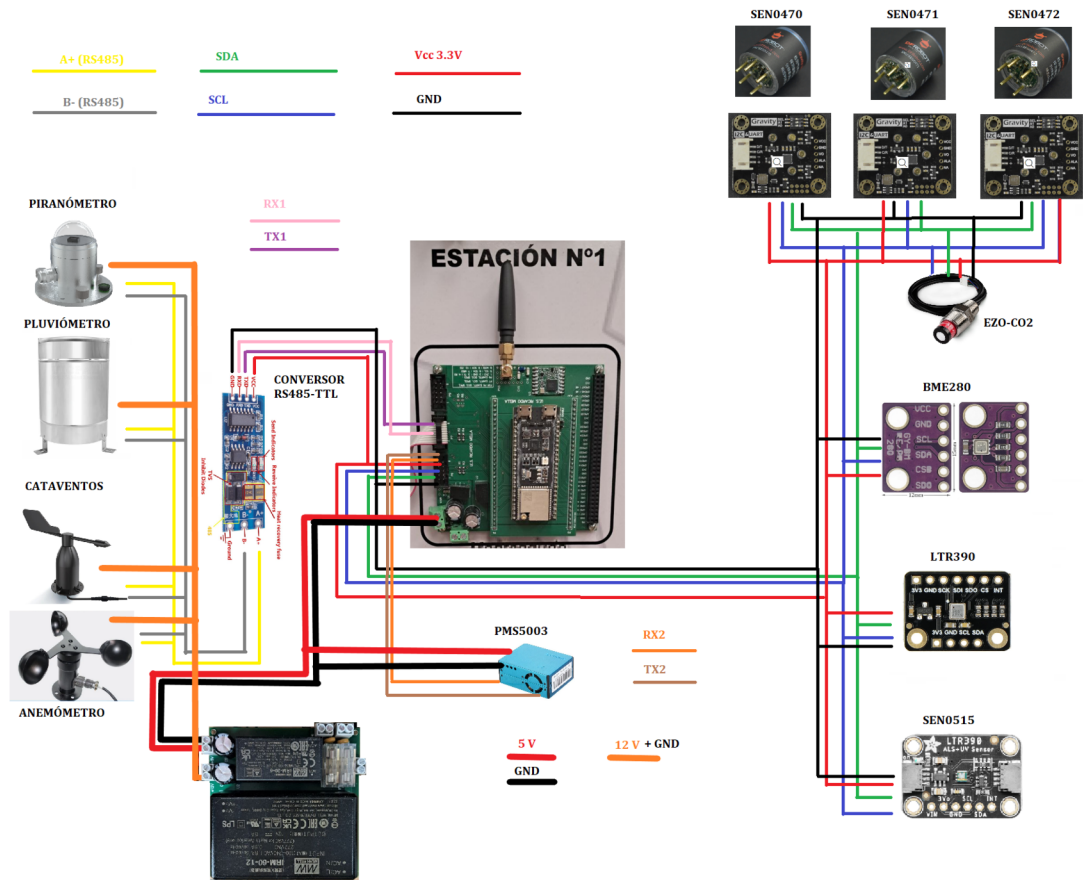
- **Cataventos (dirección do vento)**



- **Anemómetro (velocidade do vento)**



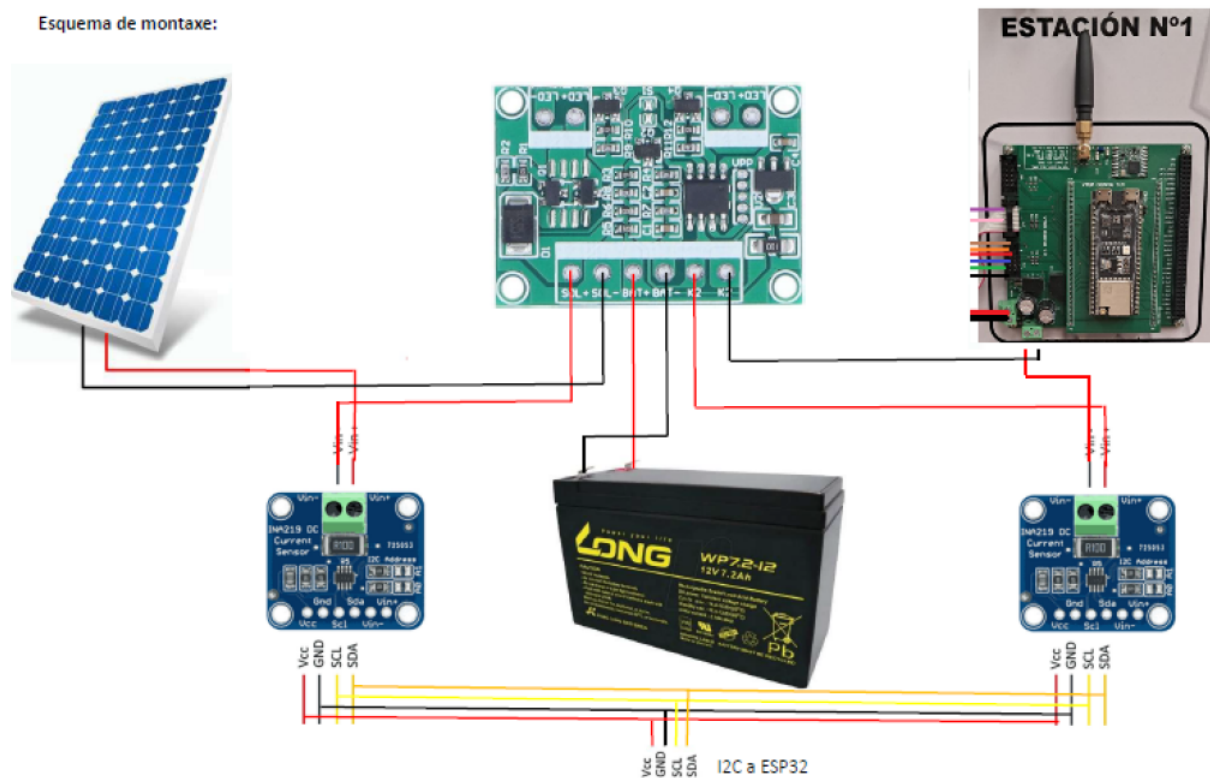
Interconexión de elementos



- 7 sensores conectados por I2C
- 4 sensores conectados por RS485 Modbus RTU
- 1 sensor conectado por porto serie

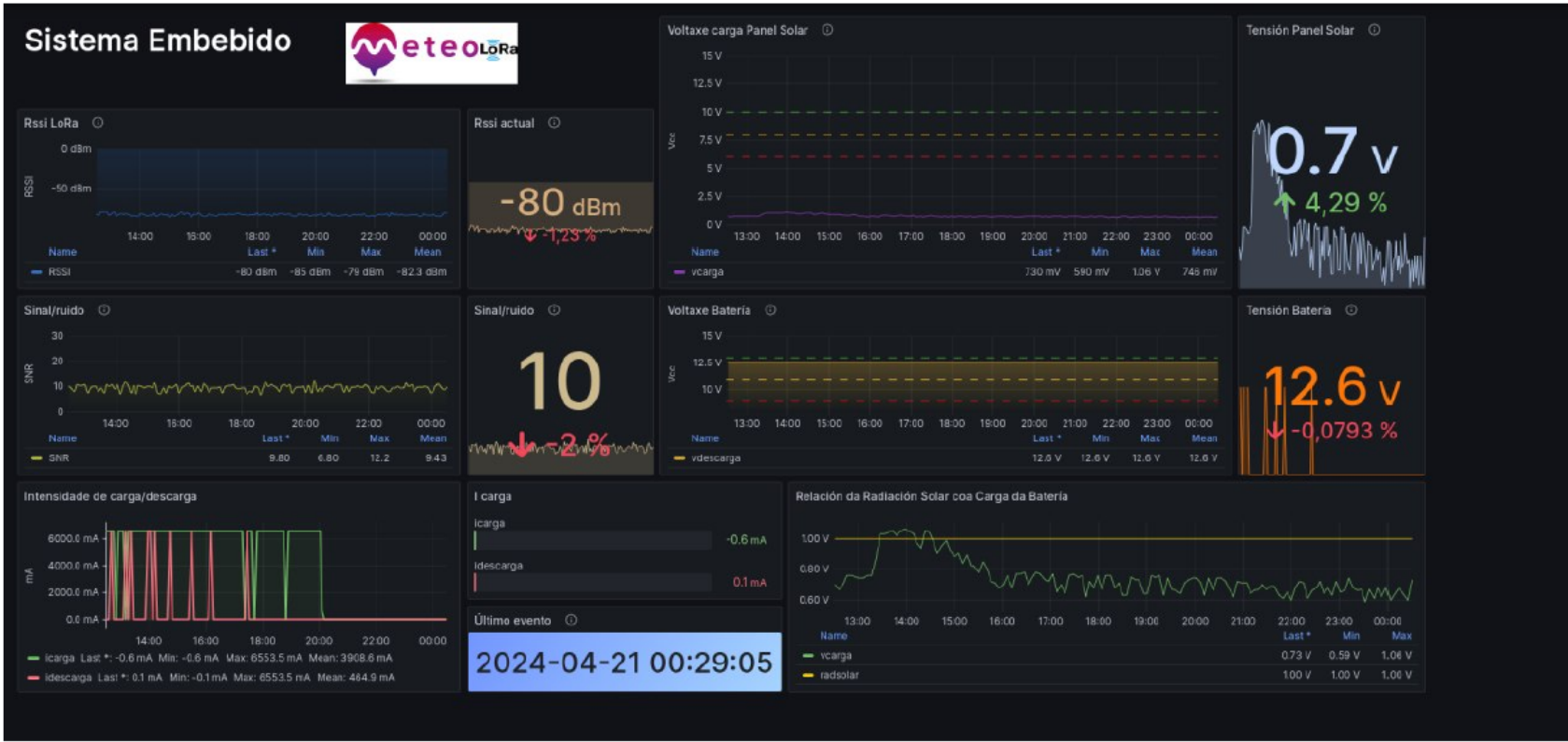
Interconexión de elementos

Esquema de montaxe:



- Panel solar 10W: xera enerxía eléctrica
- Regulador de Carga AECA Solsum 6.6X: xestiona a enerxía do panel para cargar a batería e subministrar enerxía á carga
- Batería 12V 7,2 Ah: almacena enerxía
- Carga: estación meteorolóxica
- Sensores de corrente e tensión INA219: monitorizan o fluxo de enerxía no sistema

Medicións



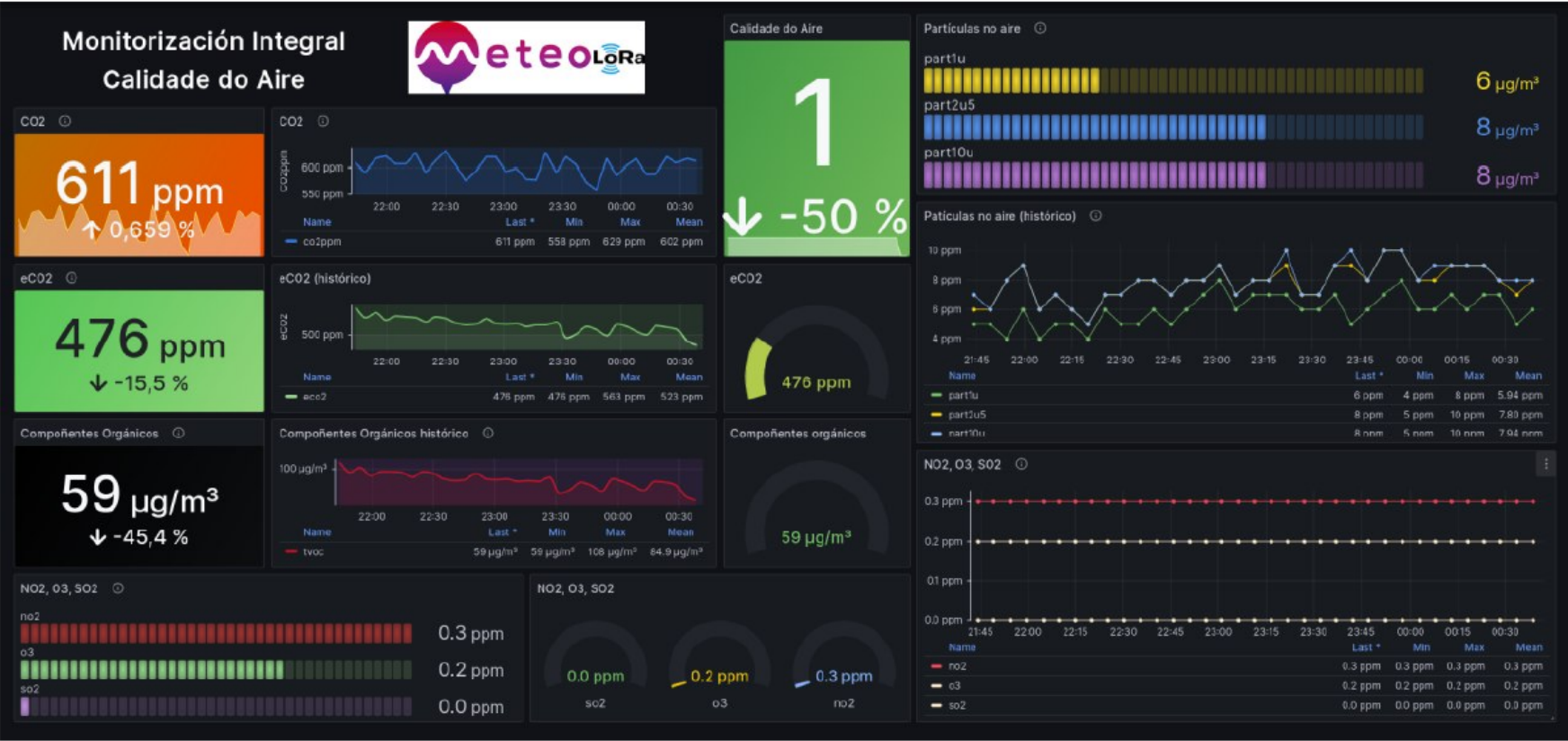
Medicións



Medicións



Medicións



Resultado do proxecto de innovación



Ligazóns útiles

- Repositorio do proxecto en GitHub: <https://github.com/electronicaricardomella/meteoLoRa>
- Tenda online con produtos LoRa: <https://maker-store.es/search?sSearch=lora>
- Tenda online con produtos LoRa: <https://www.reichelt.com/at/en/shop/search/lora>
- Tenda online con sensores e placas de desenvolvemento: <https://www.dfrobot.com/>
- Tenda online de compoñentes electrónicos: <https://www.tme.eu/es/>
- Tenda online de compoñentes electrónicos: <https://www.mouser.es/>
- Tenda online de compoñentes electrónicos: <https://es.farnell.com/>