

Trabajo de Curso

**Aplicaciones de LoRa y LoRaWAN con STM32WL55
Nucleo-64**

Tecnologías de Comunicación en Biomedicina

✍ Antonio Delgado Bejarano

Índice



Repaso de LoRa / LoRaWAN



Aplicaciones de LoRa / LoRaWAN en IoMT



STM32WL55 NUCLEO 64



LoRaWAN AT Slave



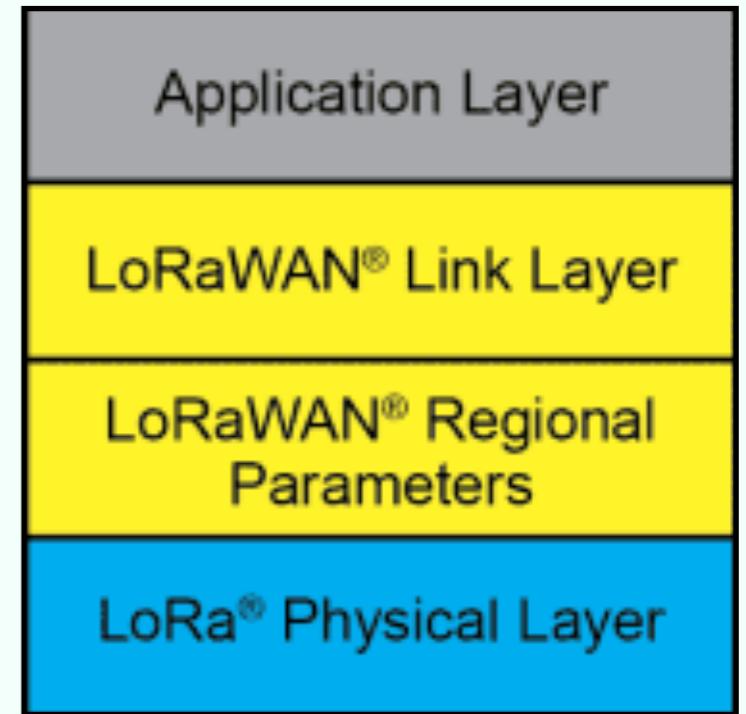
LocalNetwork



Líneas futuras

Repasso de LoRa / LoRaWAN

- Familia de las LPWAN: Low Power Wide Area
- Estándar para redes de largo alcance y baja potencia
- Equivalente a niveles 2 y 3 modelo OSI
- LoRaWAN gestiona parámetros de conexión de dispositivos



 **SEMTECH**

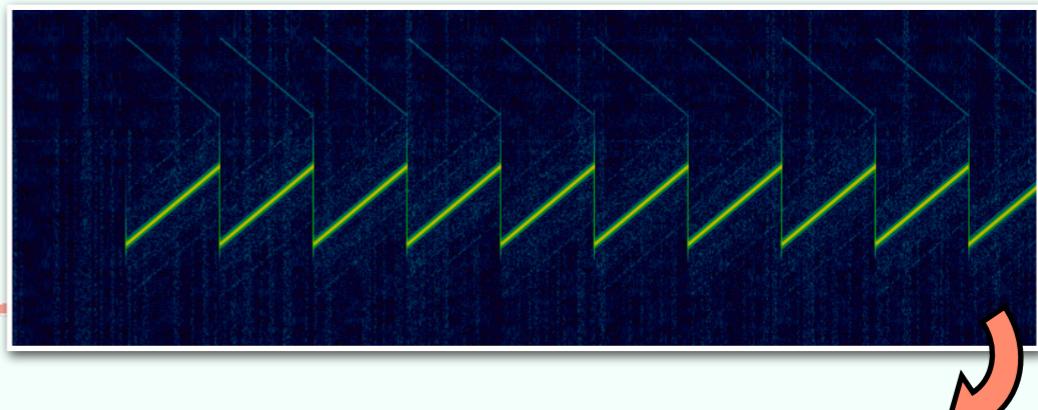


 **LoRa Alliance®**

Capa Física: LoRa

- Larga vida de baterías 
- Baja tasa de transferencia: 0.3 a 50 kbps
- Ancho de banda entre 125 y 500 kHz
- Gran sensibilidad: ~ -140 dBm

- Banda ISM
 - Modulación CSS
- Europa: 868 MHz
América: 915 MHz
Asia: 433 MHz



Espectro ensanchado

Señales pseudo ortogonales 

SF

CR

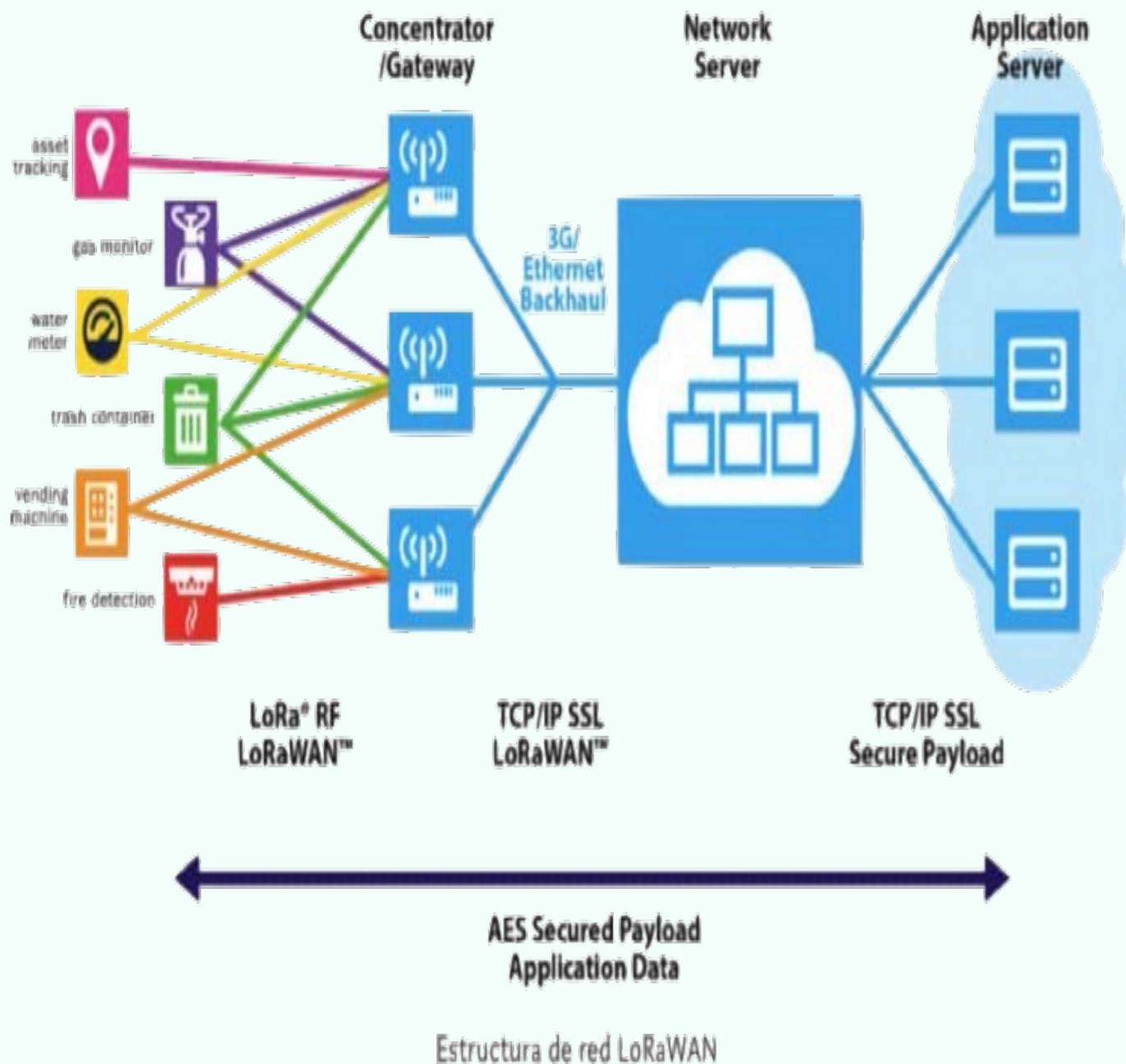
Muy robusta frente a interferencias y efecto Doppler

Muy buena para detectar localización

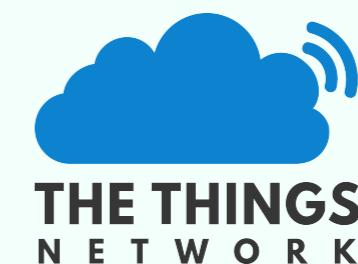
Opera con un nivel de potencia muy bajo: 14 a 20 dBm

Muy buena cobertura, también en interiores

Capas 2 y 3: LoRaWAN

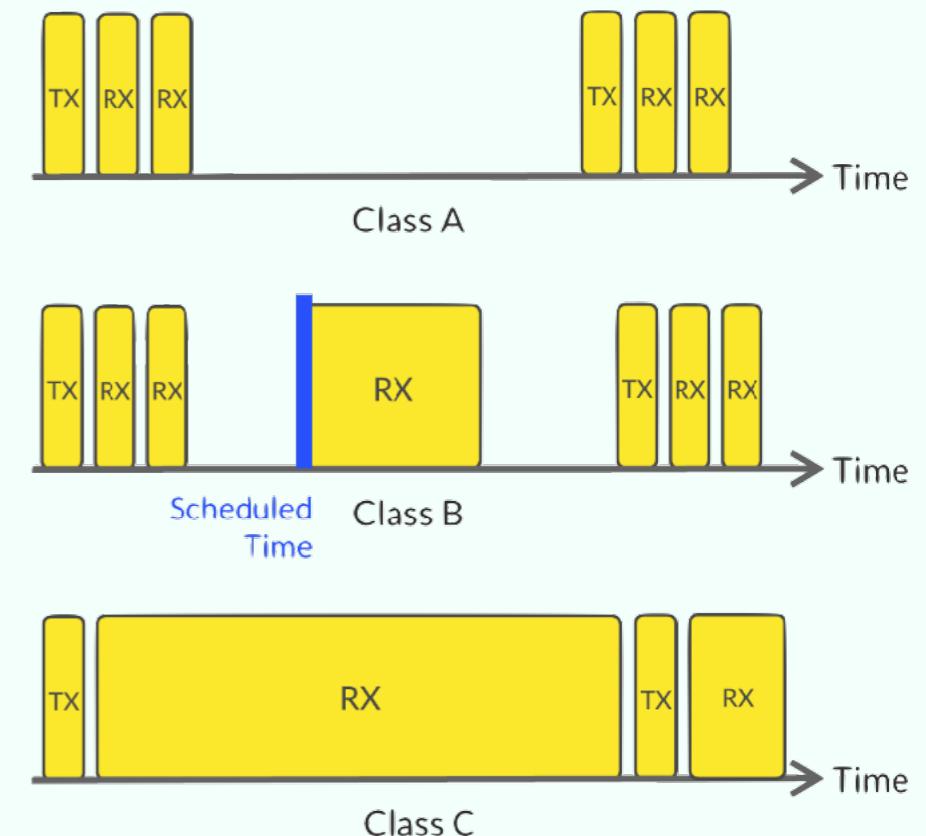
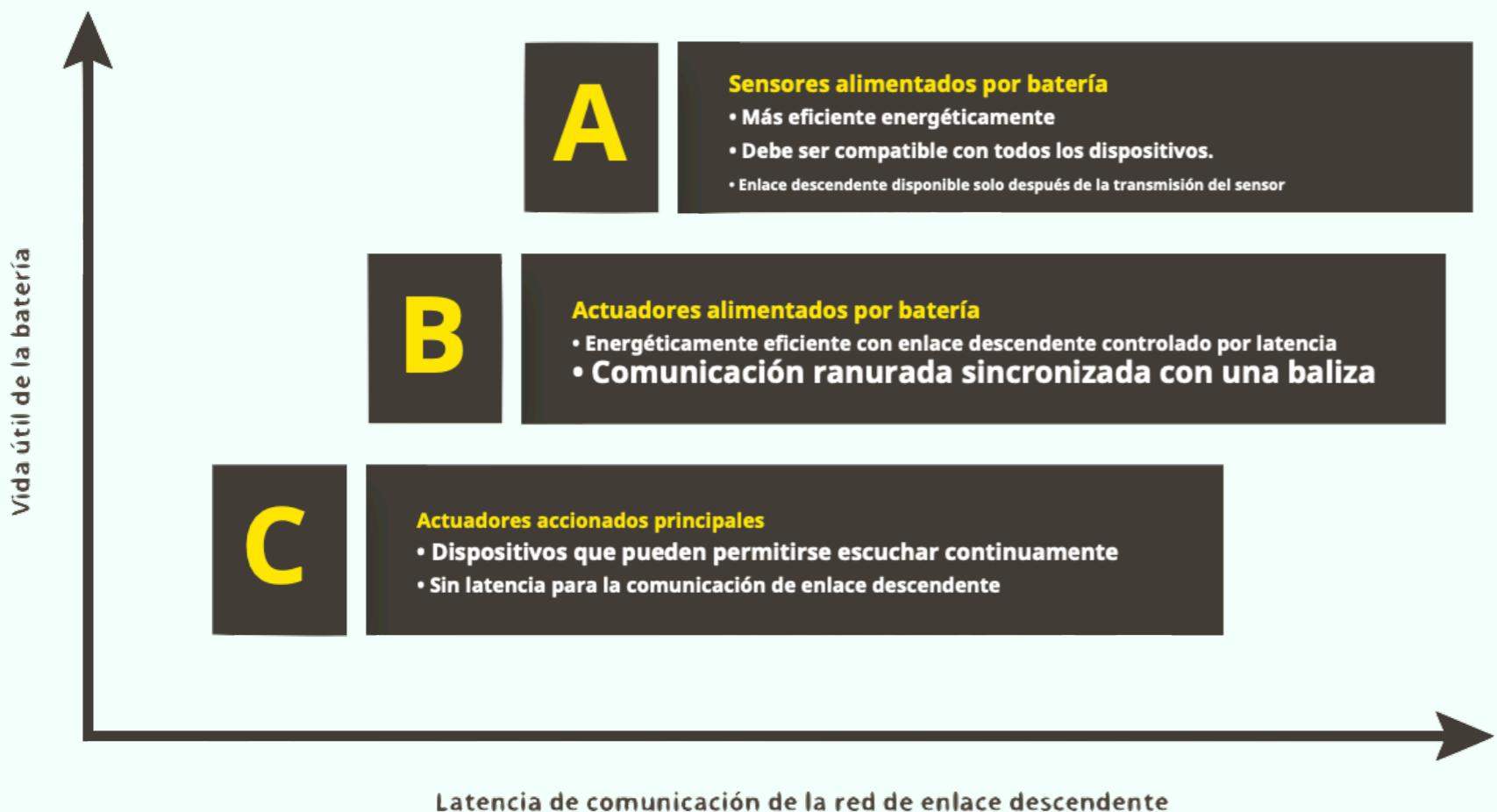


- Red de redes en estrella
 - Se ahorra batería
 - Alto volumen de mensajes
 - Aprovechar ventajas de CSS
- Bajo coste de equipamiento
 -
- Movilidad y servicios de localización
 -



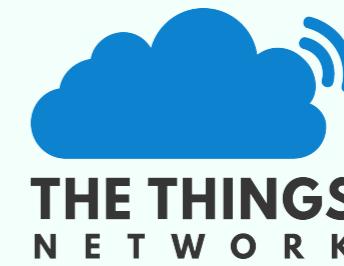
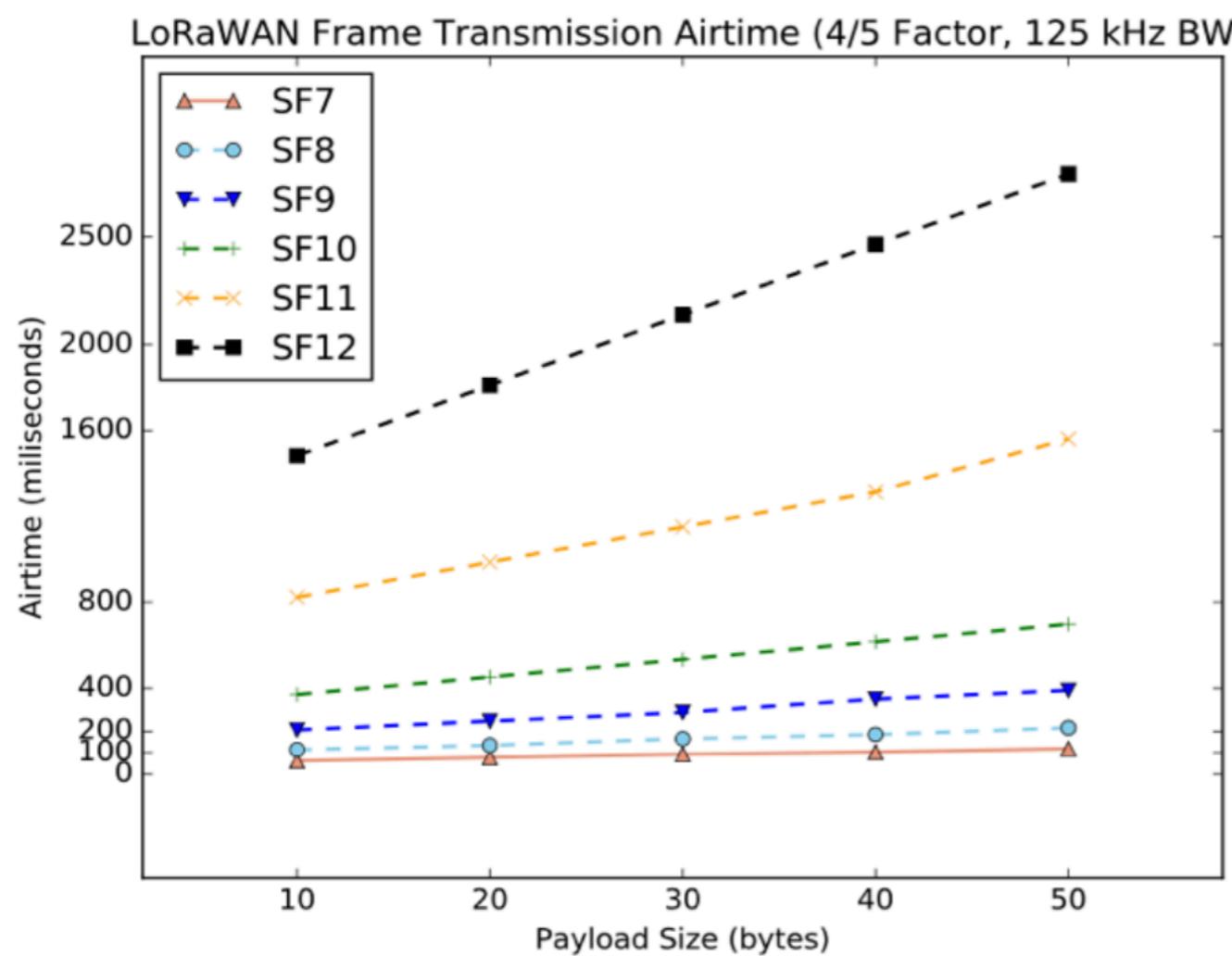
Capas 2 y 3: LoRaWAN

- Los dispositivos LoRaWAN pueden funcionar de tres formas diferentes



Aplicaciones de LoRaWAN en IoMT

💡 "LoRaWAN as an e-Health Communication Technology,"



💡 Parámetros de la comunicación indoor

{ CR: 4/5
868.1 MHz
125 kHz

💡 Comparativa de precios con Zigbee o BLE

Aplicaciones de LoRaWAN en IoMT

"IoT-based health monitoring via LoRaWAN"

Caracterización de un sistema de monitorización de presión, glucosa y temperatura con sensores IoT

	Average Range	Energy Consumption (mA)	Minimum Hardware Cost	Maximum Data Rate
LoRa	60 km	Idle mode: 2.8 mA Continuous receive mode: 14.2 mA Send mode 38.9 mA	Transceiver: 10 \$ Gateway: 250 \$	50 kbps (downlink) 50 kbps (uplink)
GPRS	60 km	Idle mode: 20 mA Continuous receive mode: 130 mA Send mode 2000 mA	Transceiver: 50 \$ Gateway: 10000 \$	85.6 kbps (downlink) 14 kbps (uplink)

Cobertura

3 km zonas relativamente despejadas

2 km en entornos con bloques de pisos

Consumo

Trama de 93 bytes
4 mA en reposo y 148 mA en transmisión

Más de diez días de batería

Smart Hospital LoRaWAN-based Backup Network Design that Monitors Critical Emergency and Standby Resources

Usar LoRa para comunicación inalámbrica entre hospitales

Prueban entre tres hospitales, dos de ellos a 1.5km y otros dos a 8.5km

Detallan estructura de los paquetes y la aplicación final Android

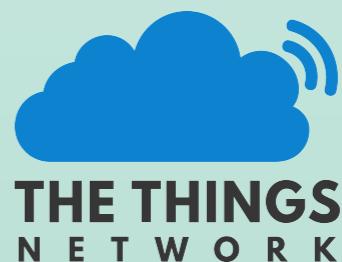
Rural Healthcare IoT Architecture Based on Low-Energy LoRa

Monitorización de personas mayores en entornos rurales

Poca / Nula cobertura 3G/4G

No tienen disponibilidad para cambiar / reparar el dispositivo

Caracterización en cuanto a área y consumo

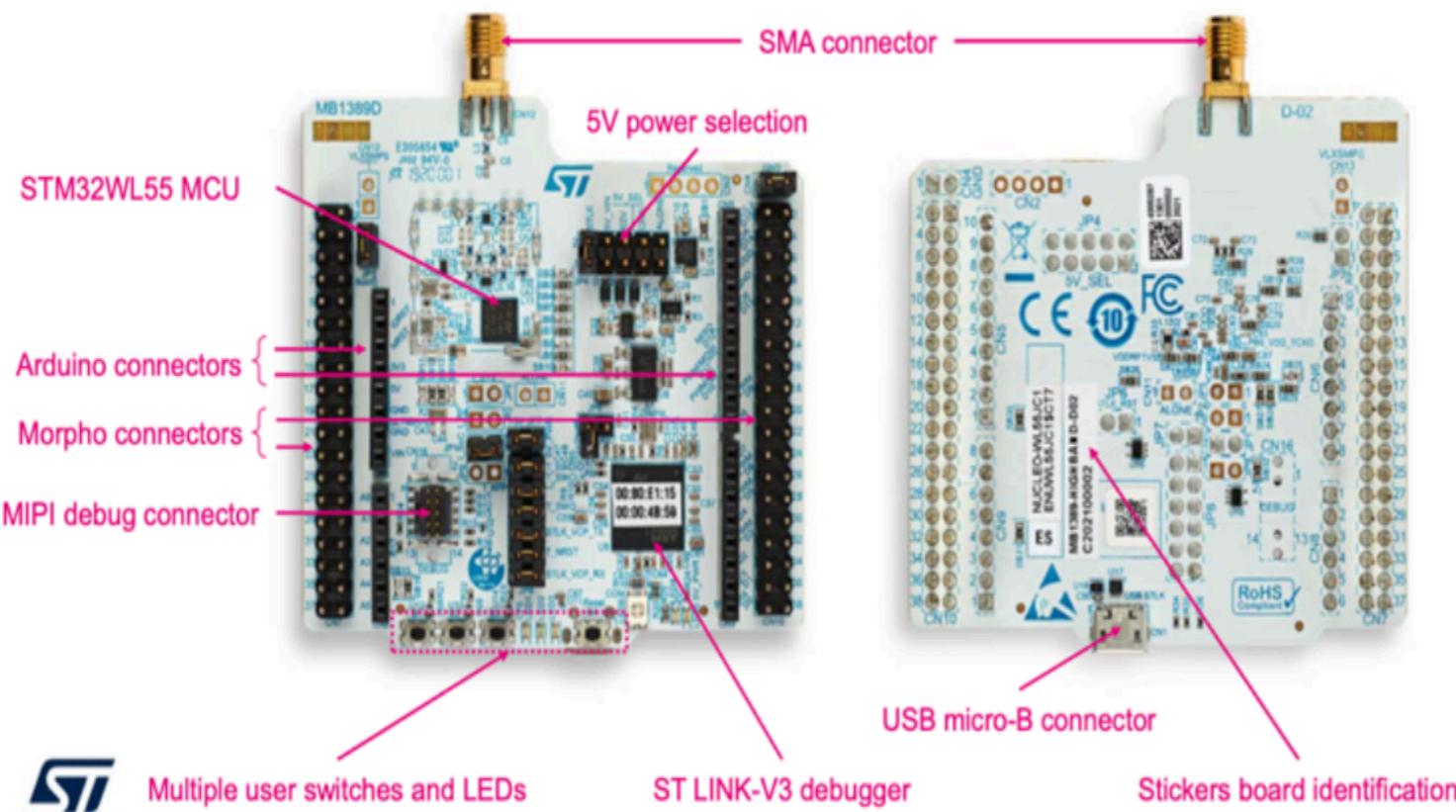


STM32WL55 Nucleo 64



Dispositivo End-Node

STM32WL nucleo board



Transceptor RF de
150MHz a 960MHz



LoRa, (G)FSK, (G)MSK, BPSK



Extensiones con
Arduino o ST Morpho

STM32Cube



Ejemplos

```
STM32Cube_FW_WL_V1.0.0
  _htmresc
  Documentation
  Drivers
  Middlewares
  Projects
    NUCLEO-WL55JC
```

Applications	> Applications
Demonstration	> Demonstrations
Example Project	> LocalNetwork
Template Project	> Examples
	> Examples_LL
	> Examples_MIX
	> Templates
	> DualCore
	> SingleCore
	> Templates_LL
	> Utilities

STM32WL55 Nucleo 64

LoRaWAN End Node

Medir nivel de temperatura y batería

Enviarlos a una red LoRaWAN

Capa física LoRa clase A

LoRaWAN AT Slave

Controlar capa LoRa con comandos AT

Test de RSSI

Test de PER

LocalNetwork

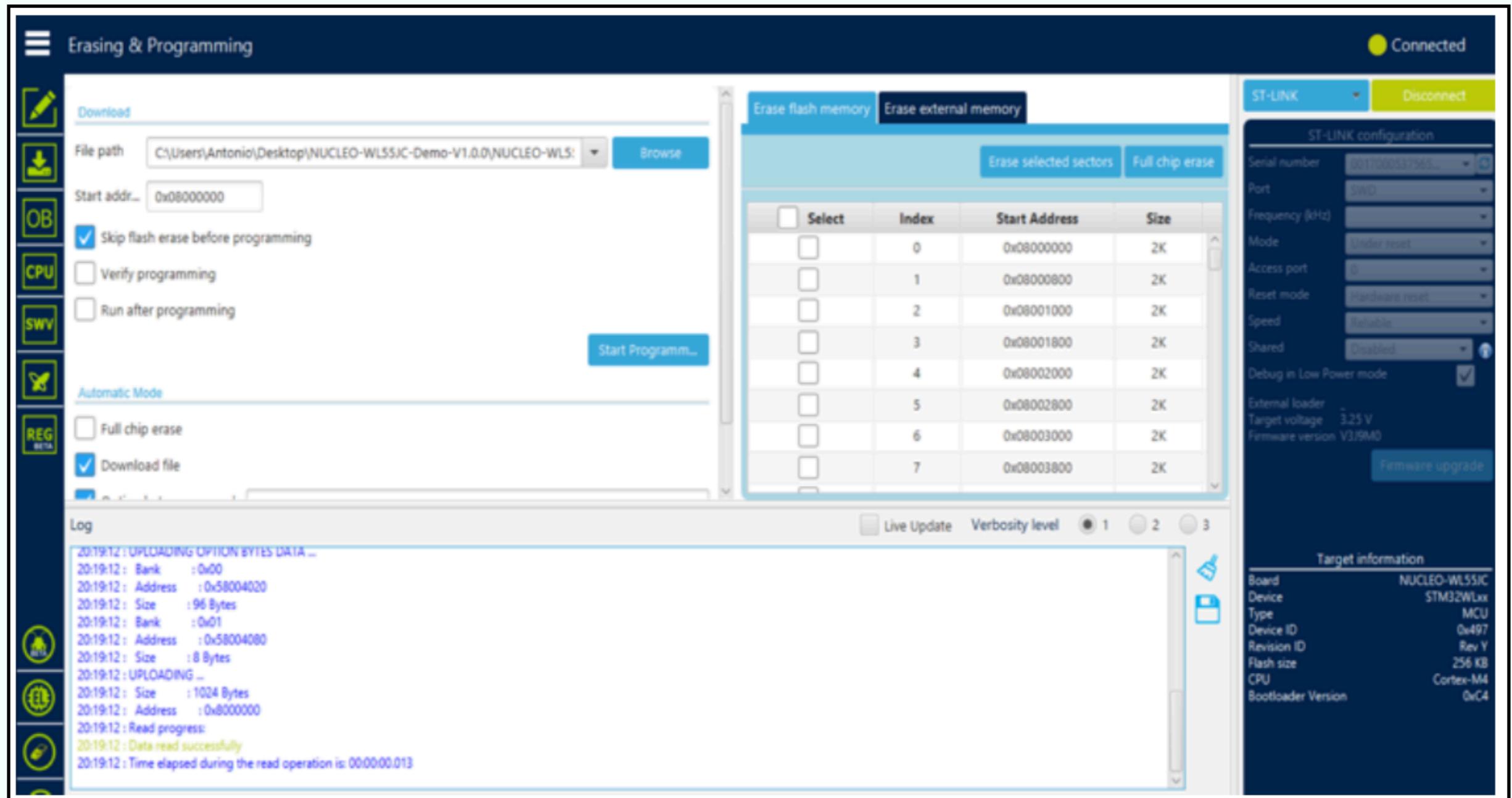
Red en estrella

Un concentrador y hasta 14 sensores

Sensores envían periódicamente datos de temperatura

LoRaWAN AT Slave

💡 Limpiar la memoria del dispositivo



Erasing & Programming

Connected

ST-LINK configuration

- Serial number: 001700053796...
- Port: SWD
- Frequency (kHz):
- Mode: Under reset
- Access port:
- Reset mode: Hardware reset
- Speed: Reliable
- Shared: Disabled
- Debug in Low Power mode:
- External loader:
- Target voltage: 3.25 V
- Firmware version: V3.9M0

Firmware upgrade

Target information

Board	NUCLEO-WL55JC
Device	STM32WLxx
Type	MCU
Device ID	0x497
Revision ID	Rev Y
Flash size	256 KB
CPU	Cortex-M4
Bootloader Version	0xC4

Log

```

2019:12 : UPLOADING OPTION BYTES DATA ...
2019:12 : Bank : 0x00
2019:12 : Address : 0x58004020
2019:12 : Size : 96 Bytes
2019:12 : Bank : 0x01
2019:12 : Address : 0x58004080
2019:12 : Size : 8 Bytes
2019:12 : UPLOADING ...
2019:12 : Size : 1024 Bytes
2019:12 : Address : 0x8000000
2019:12 : Read progress:
2019:12 : Data read successfully
2019:12 : Time elapsed during the read operation is: 00:00:00.013

```

Download

File path: C:\Users\Antonio\Desktop\NUCLEO-WL55JC-Demo-V1.0.0\NUCLEO-WLS...

Browse

Start addr.: 0x08000000

Skip flash erase before programming

Verify programming

Run after programming

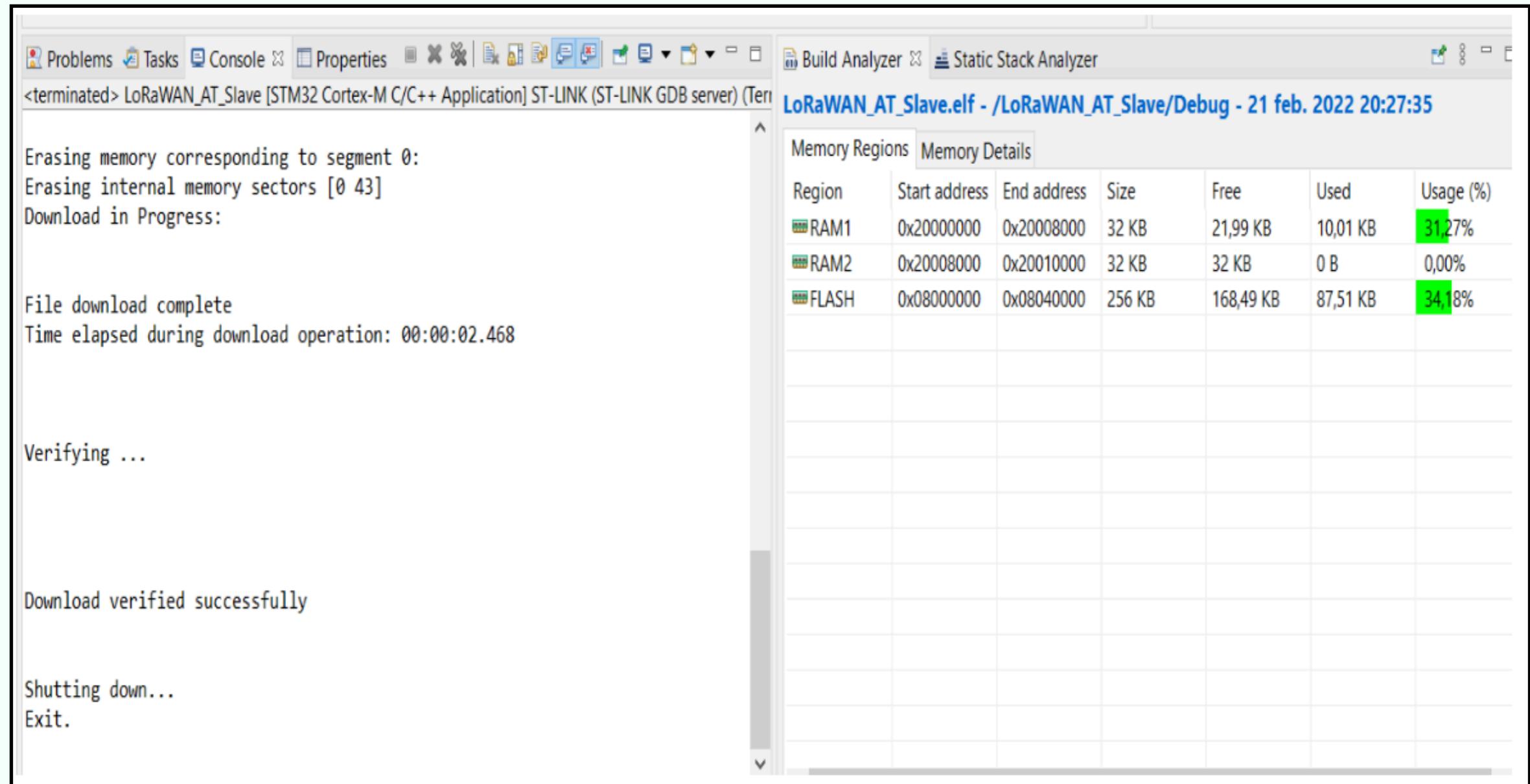
Start Programm...

Live Update Verosity level 1 2 3

Erase flash memory | Erase external memory

Select	Index	Start Address	Size
<input type="checkbox"/>	0	0x08000000	2K
<input type="checkbox"/>	1	0x08000800	2K
<input type="checkbox"/>	2	0x08001000	2K
<input type="checkbox"/>	3	0x08001800	2K
<input type="checkbox"/>	4	0x08002000	2K
<input type="checkbox"/>	5	0x08002800	2K
<input type="checkbox"/>	6	0x08003000	2K
<input type="checkbox"/>	7	0x08003800	2K

Cargar programa con el IDE



Problems Tasks Console Properties Build Analyzer Static Stack Analyzer

<terminated> LoRaWAN_AT_Slave [STM32 Cortex-M C/C++ Application] ST-LINK (ST-LINK GDB server) (Terminated)

Erasing memory corresponding to segment 0:
Erasing internal memory sectors [0 43]
Download in Progress:

File download complete
Time elapsed during download operation: 00:00:02.468

Verifying ...

Download verified successfully

Shutting down...
Exit.

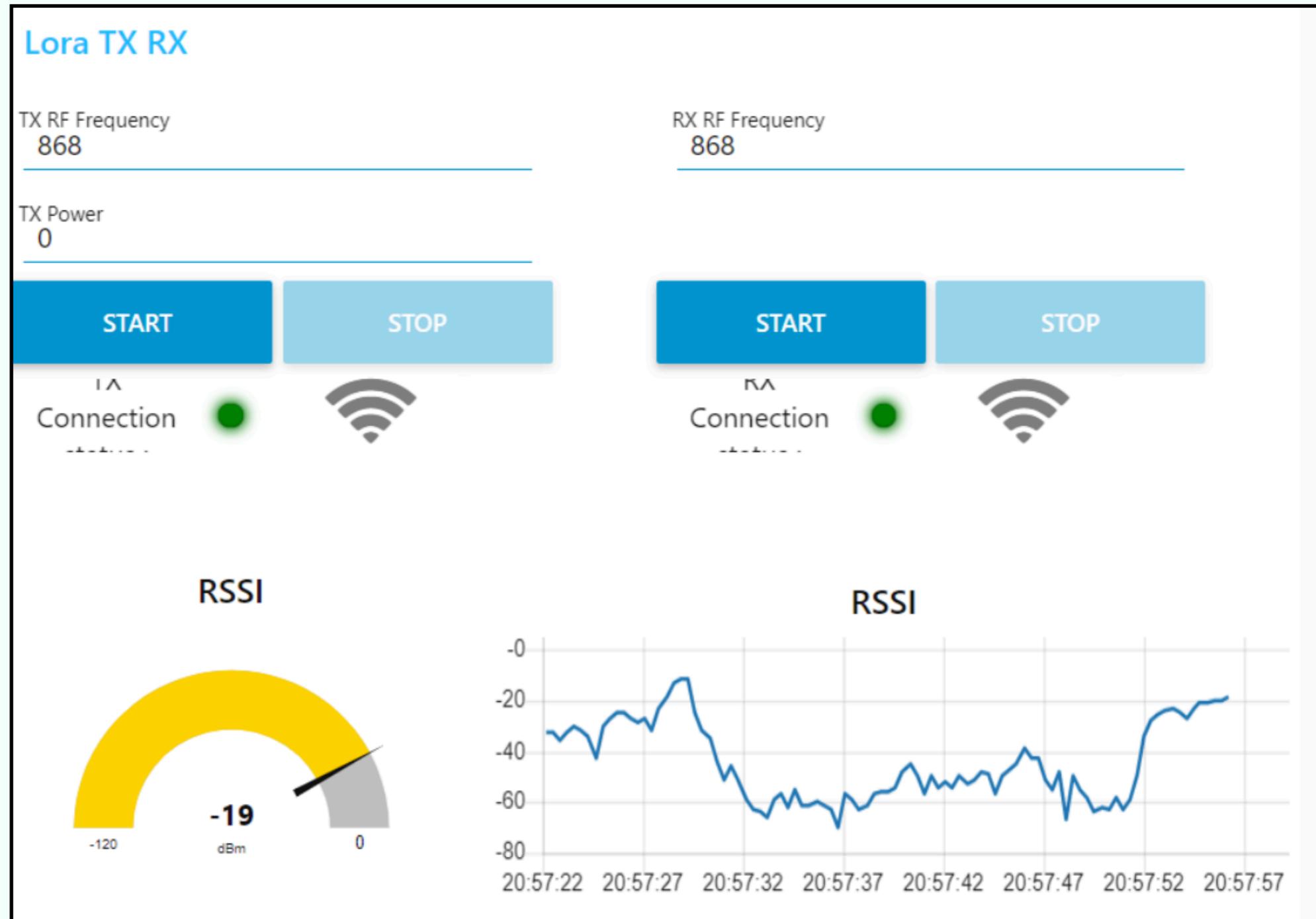
LoRaWAN_AT_Slave.elf - /LoRaWAN_AT_Slave/Debug - 21 feb. 2022 20:27:35

Region	Start address	End address	Size	Free	Used	Usage (%)
RAM1	0x20000000	0x20008000	32 KB	21,99 KB	10,01 KB	31,27%
RAM2	0x20008000	0x20010000	32 KB	32 KB	0 B	0,00%
FLASH	0x08000000	0x08040000	256 KB	168,49 KB	87,51 KB	34,18%

LoRaWAN AT Slave



Test RSSI



LoRaWAN AT Slave

Test PER

RSSI TEST

CW (TONE) TEST

PER TEST

TX/RX

Lora PER Results
Lora PER Multiple Frequencies
Lora PER Parameters

Frames counter	5/5	Start PER Frequency 863	Bandwidth 125
RSSI	-29	End PER Frequency 864	Spreading factor 12
SNR	5dB	Step PER Frequency 0,2	Coding Rate 4/6
PER	0 %		TX Power 0

Frequency	Last RSSI	Last SNR	PER
863	-22	5dB	0 %
863.2	-57	5dB	0 %
863.4	-47	5dB	0 %
863.6	-53	5dB	0 %
863.8	-67	6dB	0 %
864	-29	5dB	0 %

Multiple Frequency

START
STOP

Connection status :
●


LoRaWAN AT Slave

Test PER (II)

Lora PER Results

Frames counter	5/5
RSSI	-62
SNR	9dB
PER	0 %

Frequency	Last RSSI	Last SNR	PER
863	-52	9dB	0 %
863.2	-23	8dB	0 %
863.4	-69	8dB	0 %
863.6	-76	8dB	0 %
863.8	-64	9dB	0 %
864	-62	9dB	0 %

Lora PER Multiple Frequencies

Start PER Frequency
863

End PER Frequency
864

Step PER Frequency
0,2

Bandwidth **125**

Spreading factor **5**

Coding Rate **4/8**

TX Power **0**

Number of Frames **5**

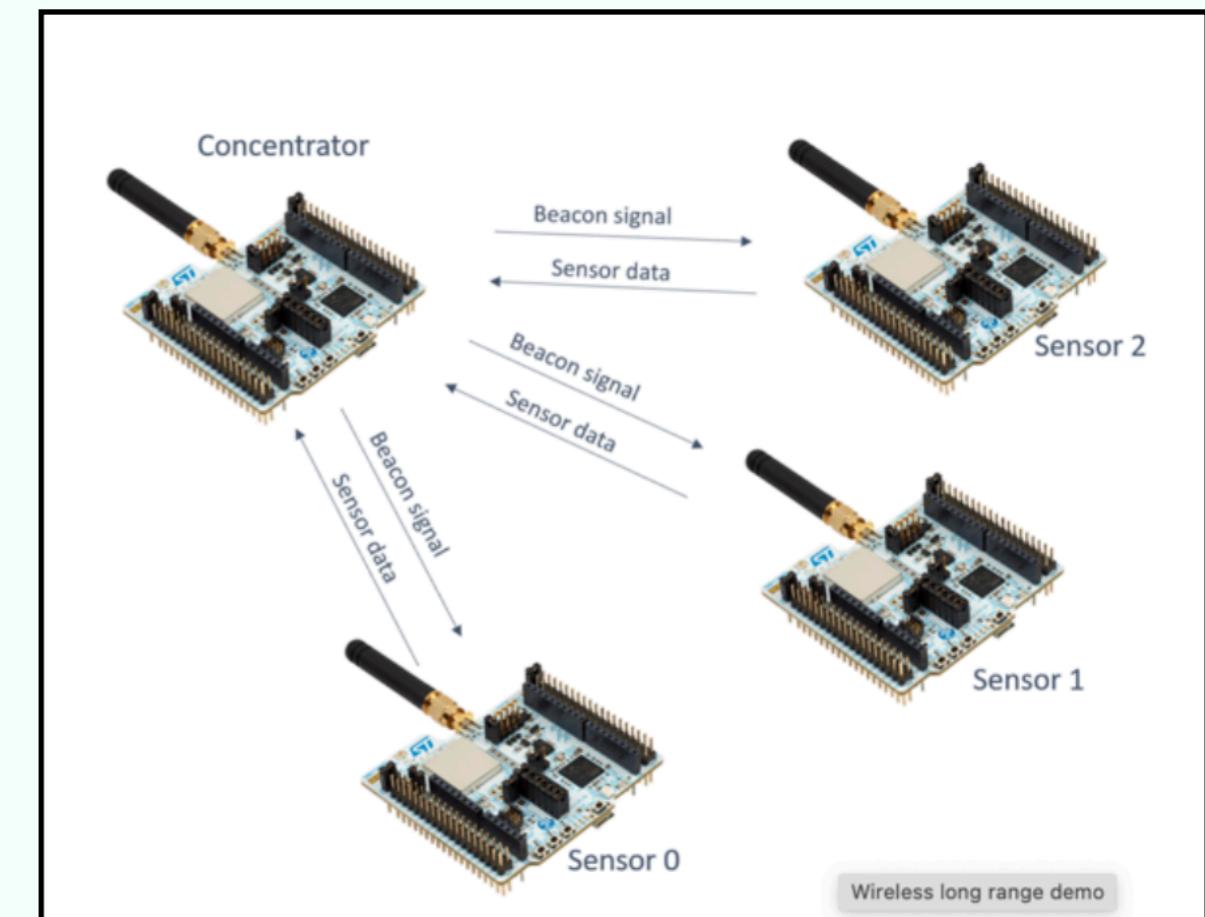
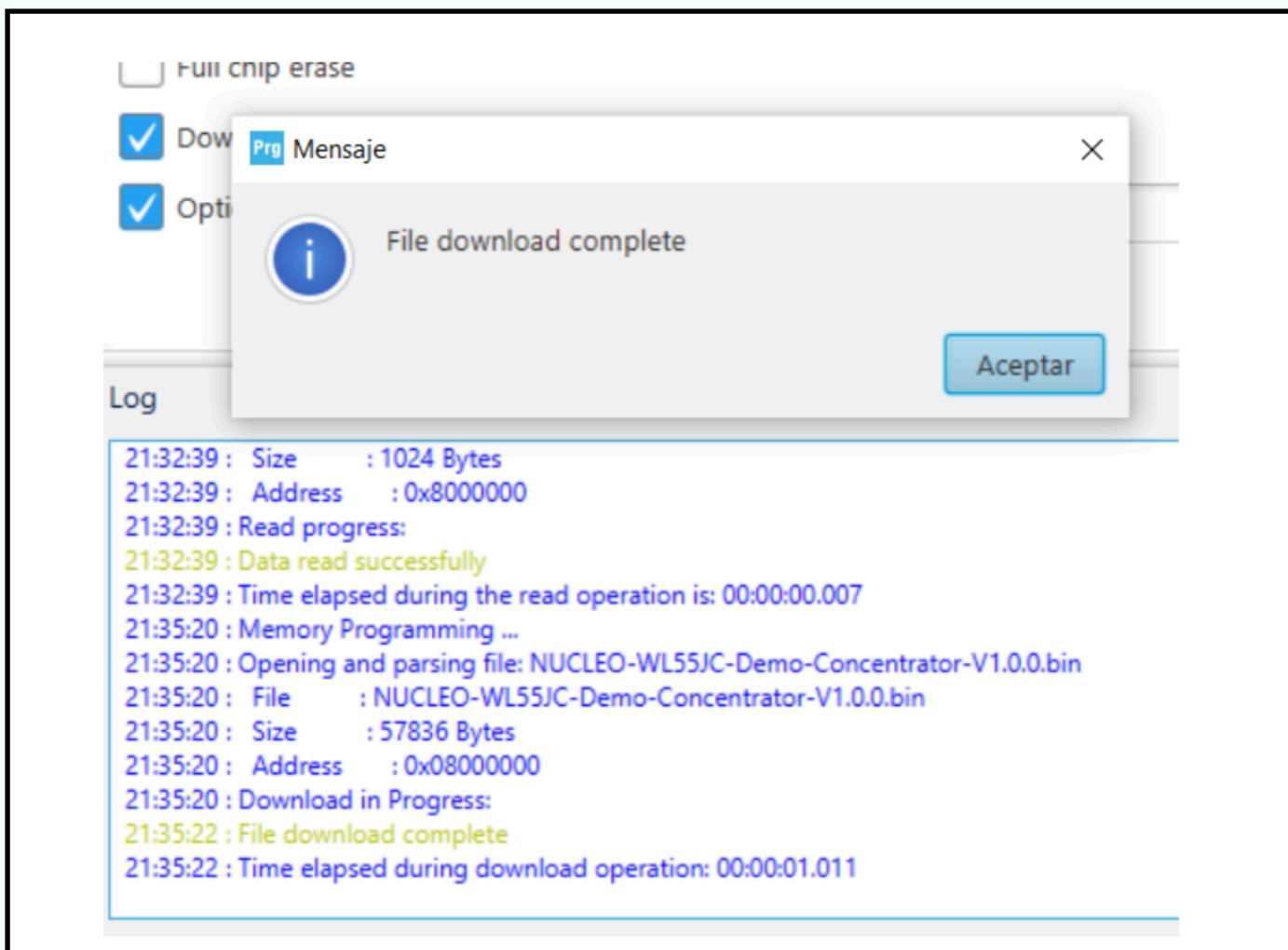
Multiple Frequency

START **STOP**

Connection status :  

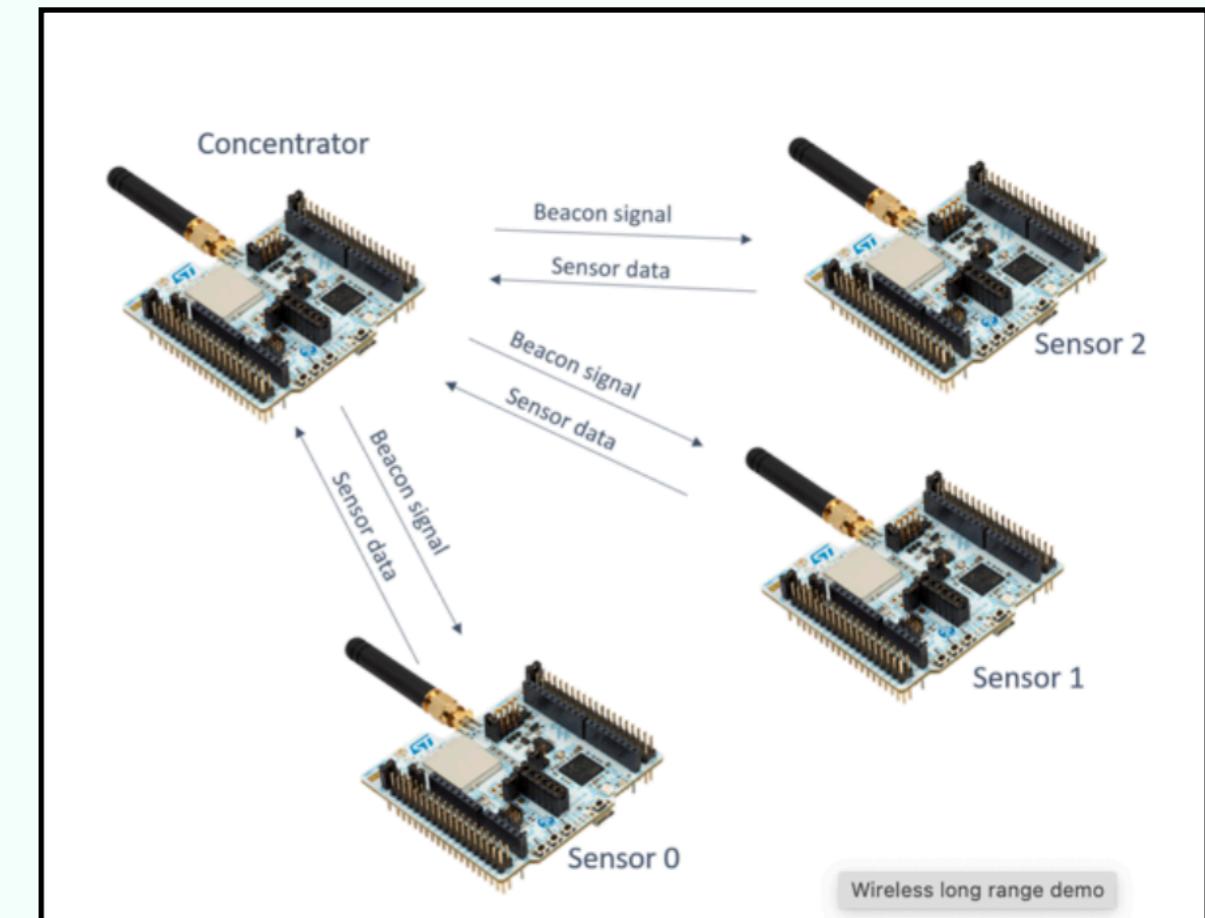
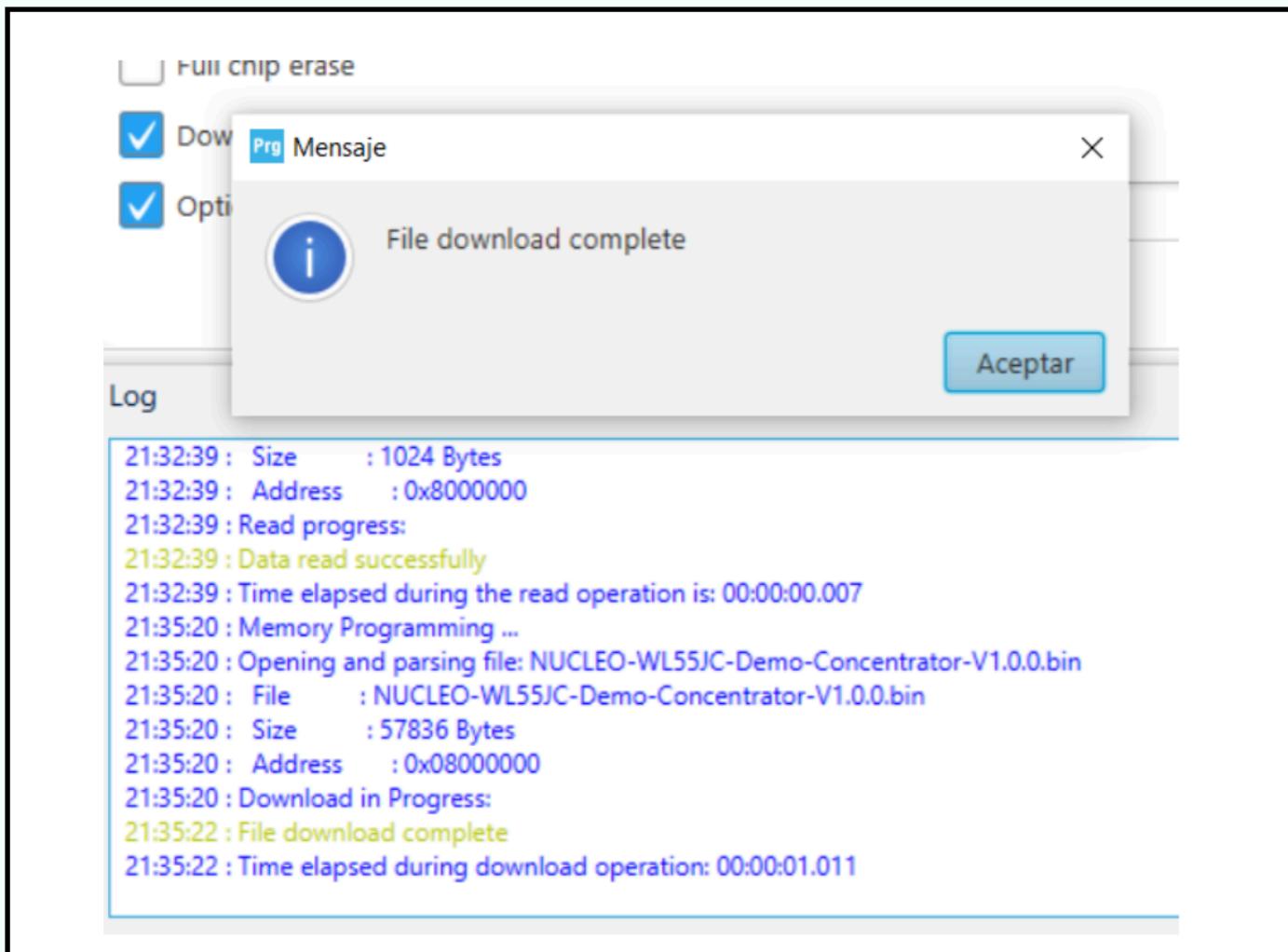
LocalNetwork

💡 Reiniciar y cargar archivos binarios



LocalNetwork

💡 Reiniciar y cargar archivos binarios



💡 Parámetros de la conexión LoRa: SF = 11, BW = 125 kHz, CR = 4/5

Experimento

Interior

Sensor a unos 50cm del concentrador

Misma distancia + estufa

Misma distancia + 2x estufa

Sensor en la habitación más alejada del concentrador

Sensor en planta baja y concentrador en la azotea

Exterior

Sensor en la ventana

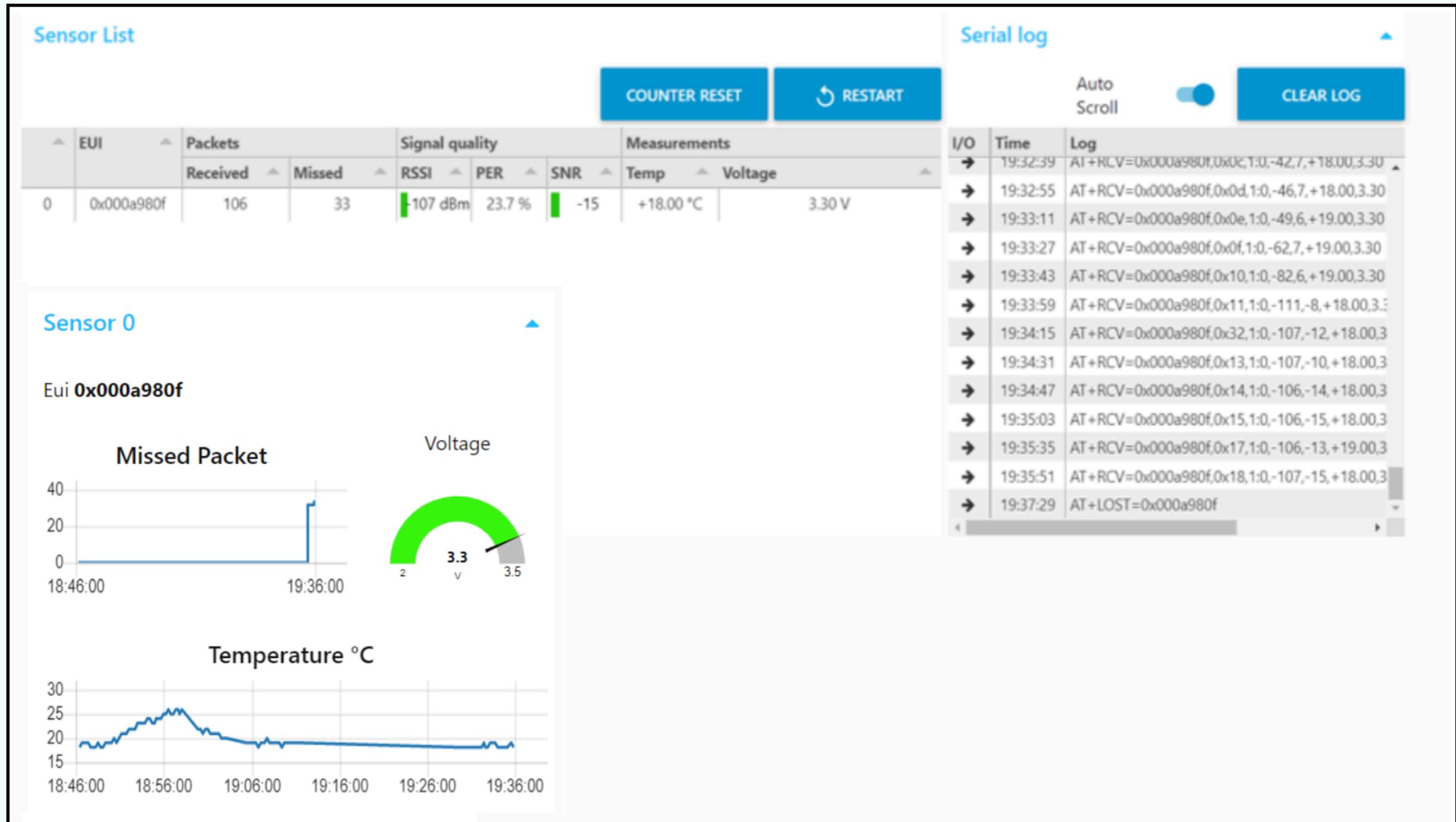
Concentrador en el coche

Recorrido para comprobar cobertura

Experimento en exteriores

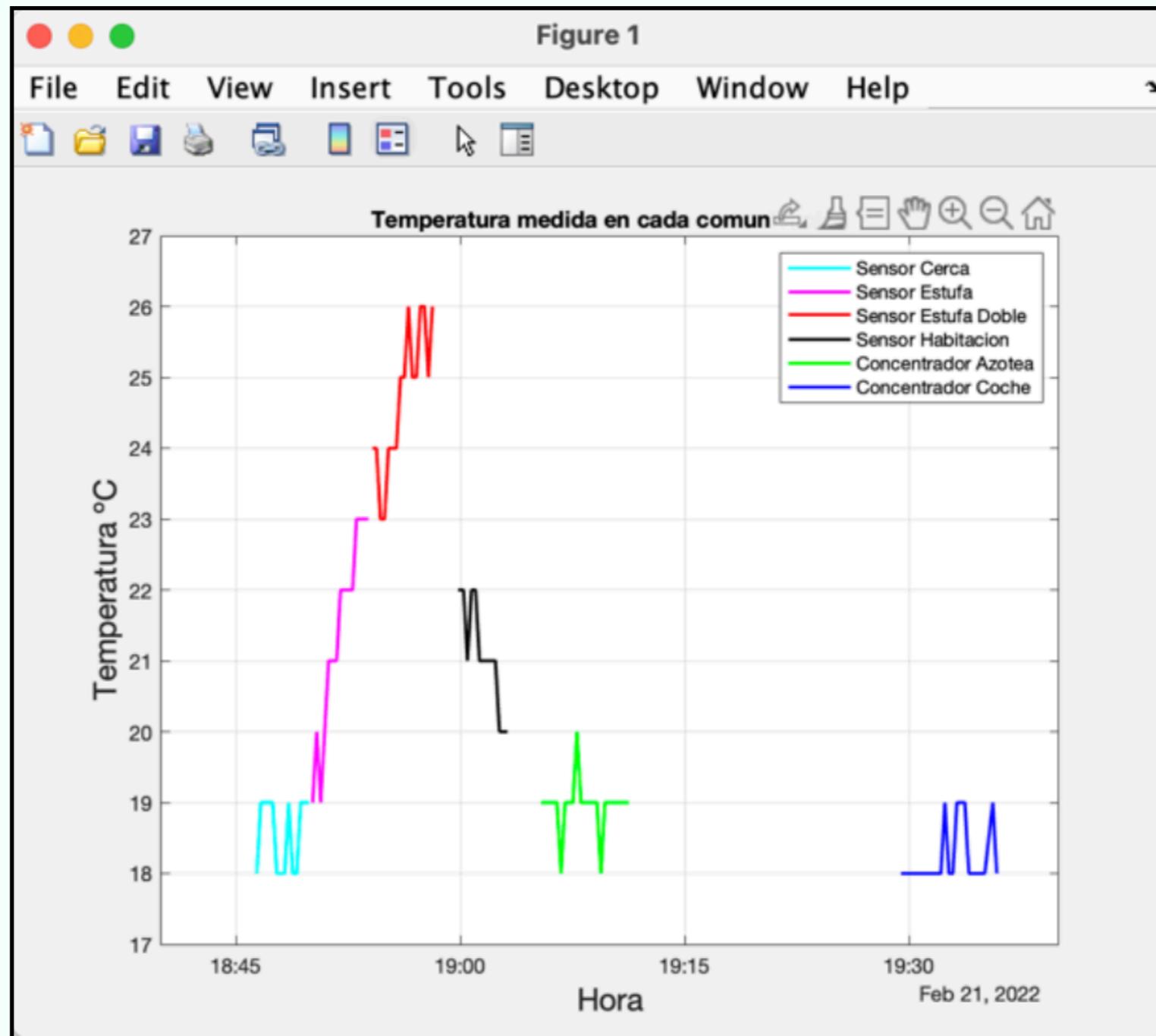


Resultados



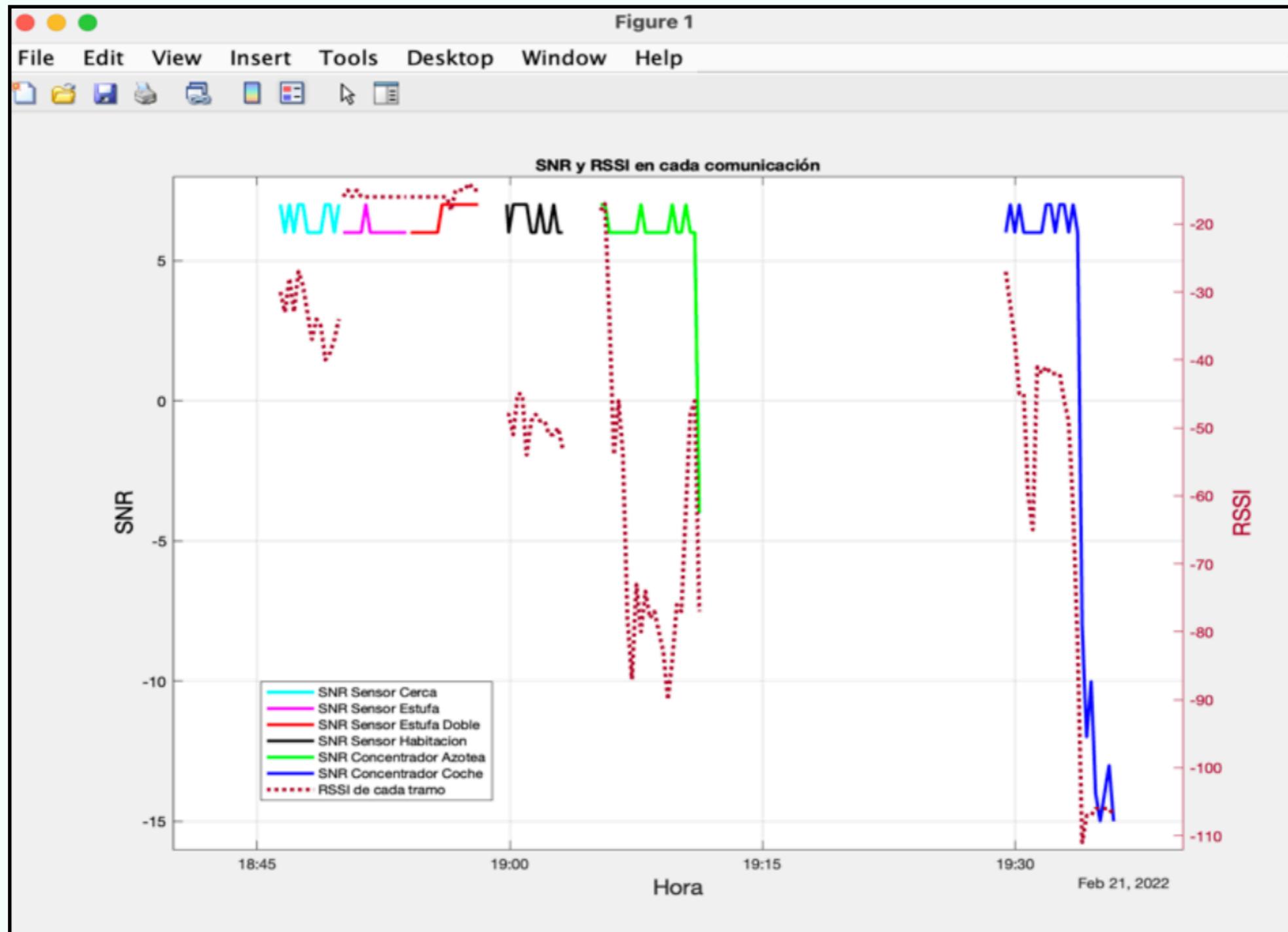
LocalNetwork

Resultados



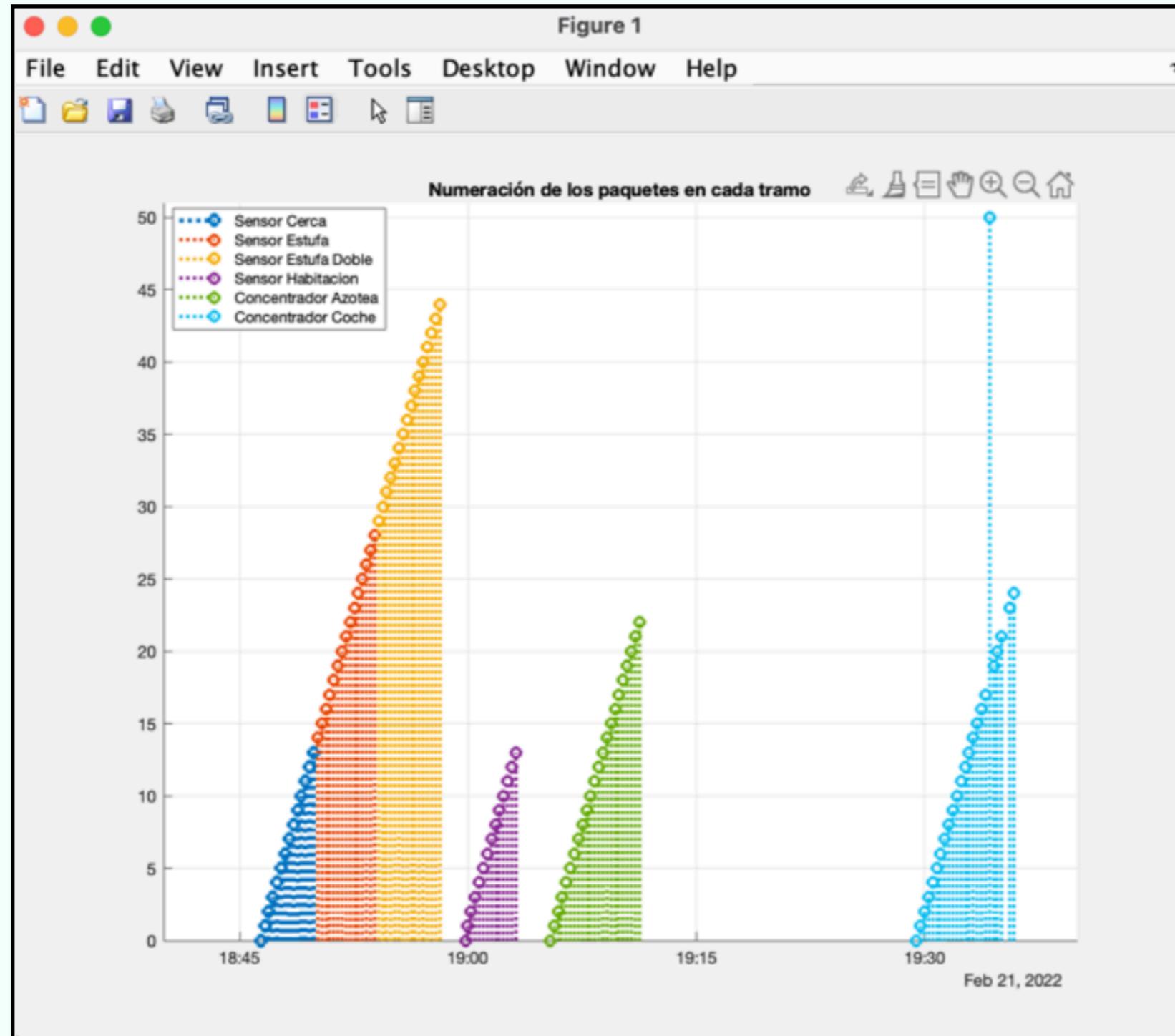
LocalNetwork

Resultados



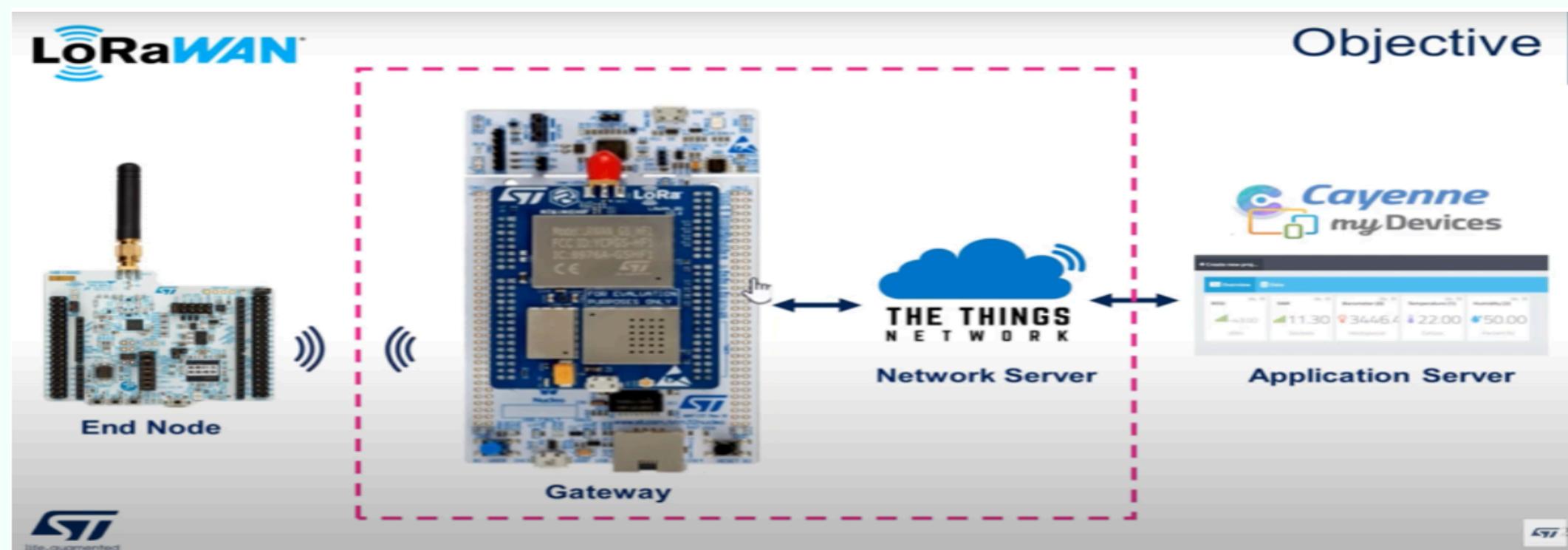
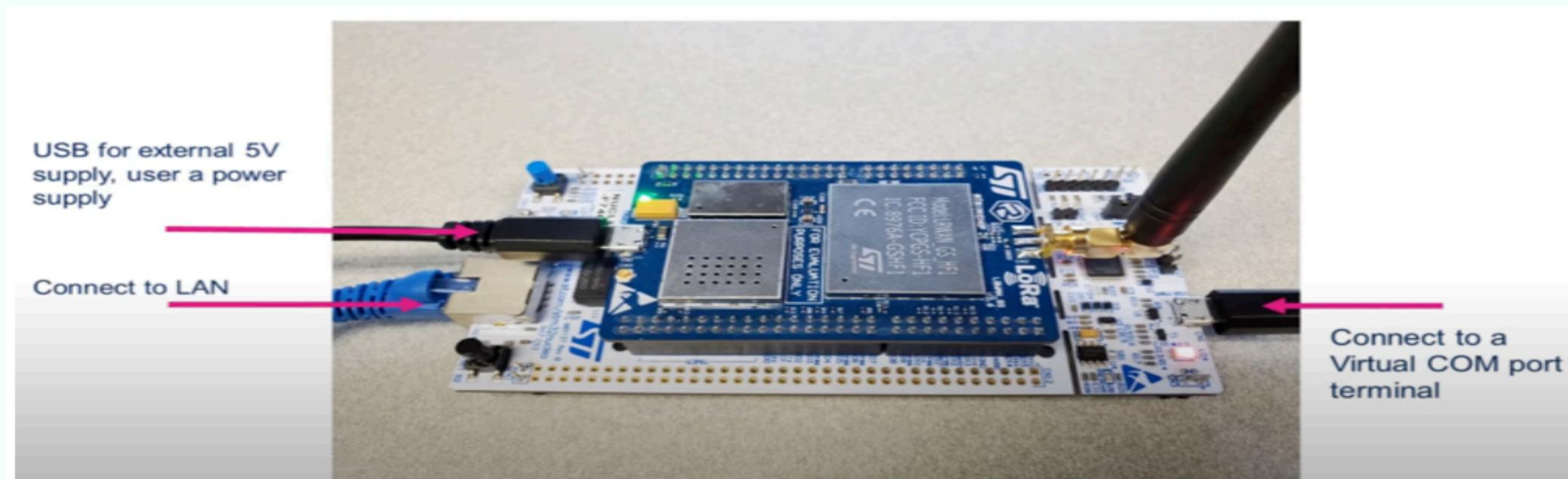
LocalNetwork

Resultados



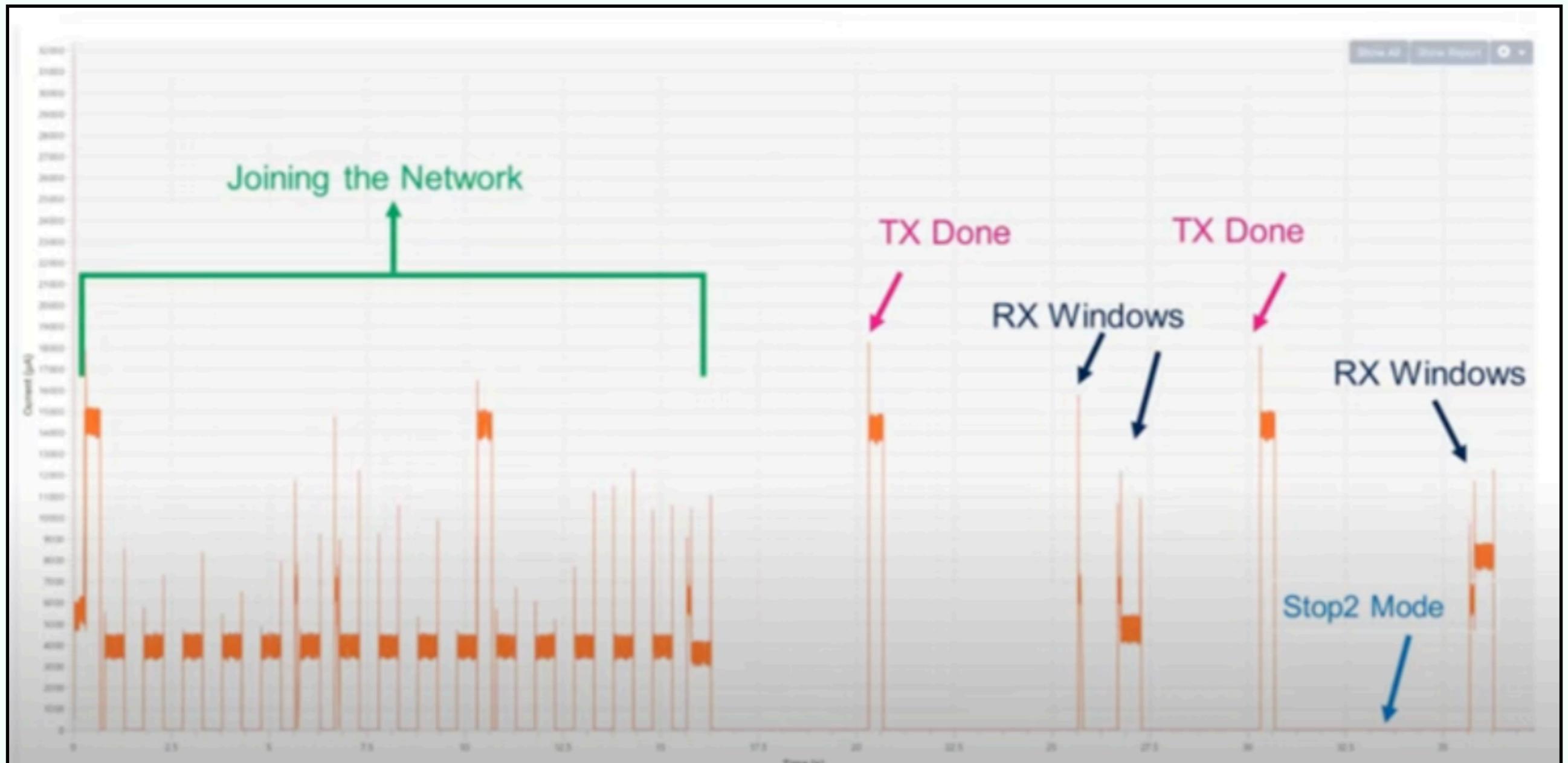
Líneas Futuras

💡 Poder probar una red LoRaWAN completa



Líneas Futuras

Caracterización del consumo



Gracias por vuestra atención

Aplicaciones de LoRa y LoRaWAN con STM32WL55 Nucleo-64

Tecnologías de Comunicación en Biomedicina

❖ Antonio Delgado Bejarano