

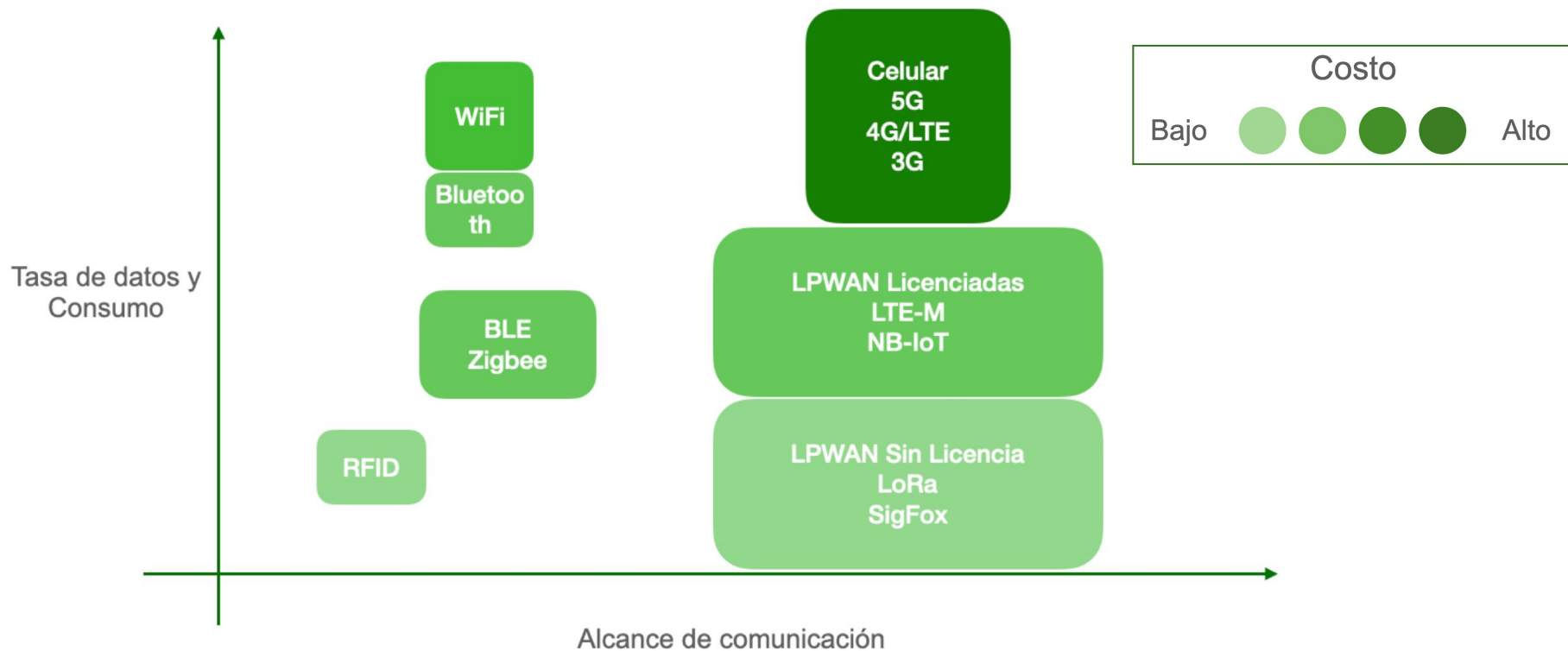


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Internet of Things



Tecnologías



Modulación Lora

LoRa es una tecnología inalámbrica que emplea un tipo de modulación en radiofrecuencia patentado por [Semtech](#). La tecnología de modulación se denomina Chirp Spread Spectrum (o CSS) y se emplea en comunicaciones militares y espaciales desde hace décadas.

En la actualidad, la tecnología LoRa está administrada por la “[LoRa Alliance](#)”, quien certifica a todo fabricante de hardware que desee trabajar con esta tecnología.



Características

- Alta tolerancia a las interferencias
- Alta sensibilidad para recibir datos (-160dB)
- Basado en modulación “chirp”
- Bajo Consumo
- Largo alcance 5 a 20 km
- Baja transferencia de datos (hasta 255 bytes)
- Funciona en bandas ISM

Frecuencia ISM LoRa US915

La frecuencia de 915 Mhz tiene disponible por 64 canales de uplink (125 kHz) (canales 0-63) que comienzan en 902.3 Mhz y van hasta hasta 914.9 Mhz y 8 canales de 500 kHz (canales 64-71) de 903 MHz a 91.2 Mhz. Para la comunicaciones desde el gateway al nodo (downlink) posee 8 canales de 500 kHz que van desde 923.3 MHz hasta 927.5 MHz con incrementos de 600 kHz

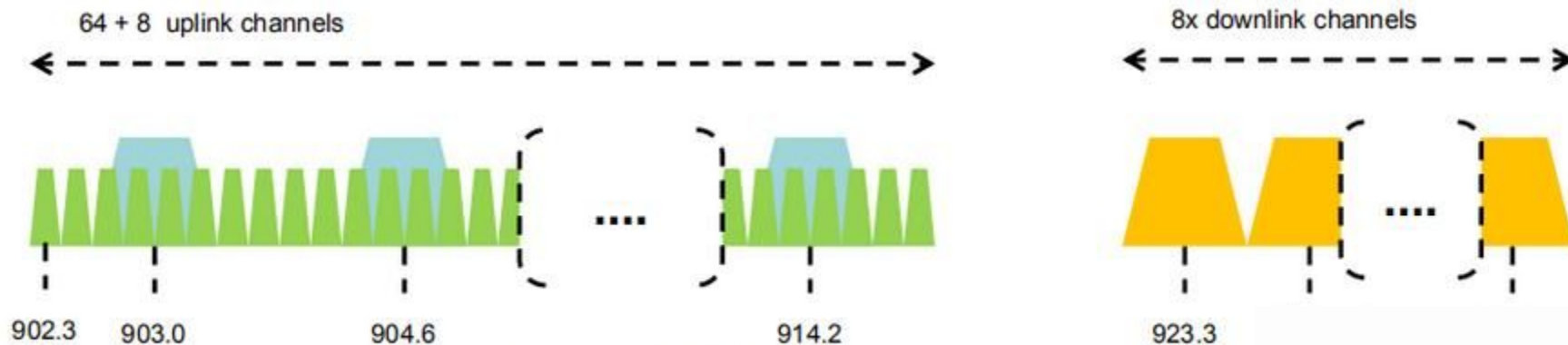


Figure 1: US902-928 channel frequencies

Parámetros Modulación Lora

BW Bandwidth

Rango de frecuencia máxima en el que sucede la comunicación

Para la modulación en LoRa se fijaron tres anchos de banda (BW): 125 Khz, 250 Khz y 500 Khz

SF Spreading Factor

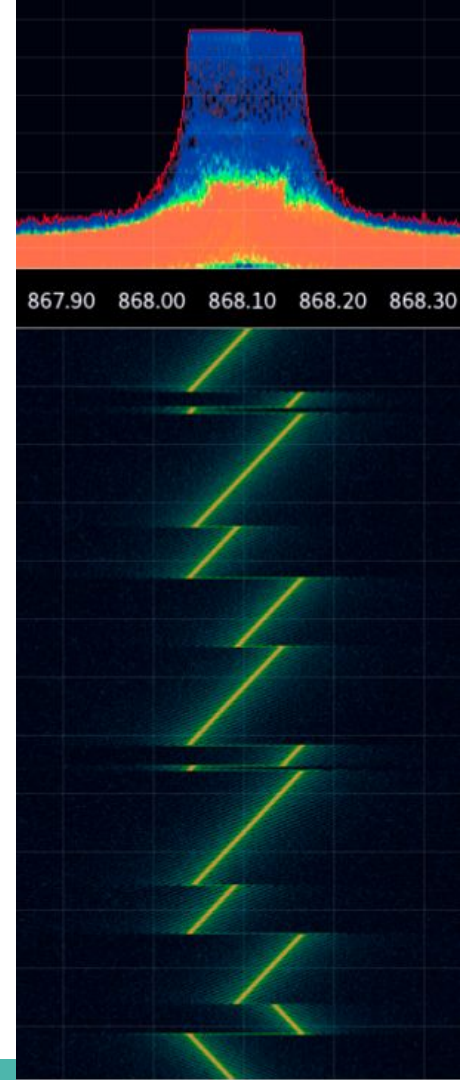
Un parámetro importante que afecta a la modulación, con él se configura la duración de cada símbolo

Spreading Factor (SF), que en LoRa puede tomar valores enteros entre 7 y 12

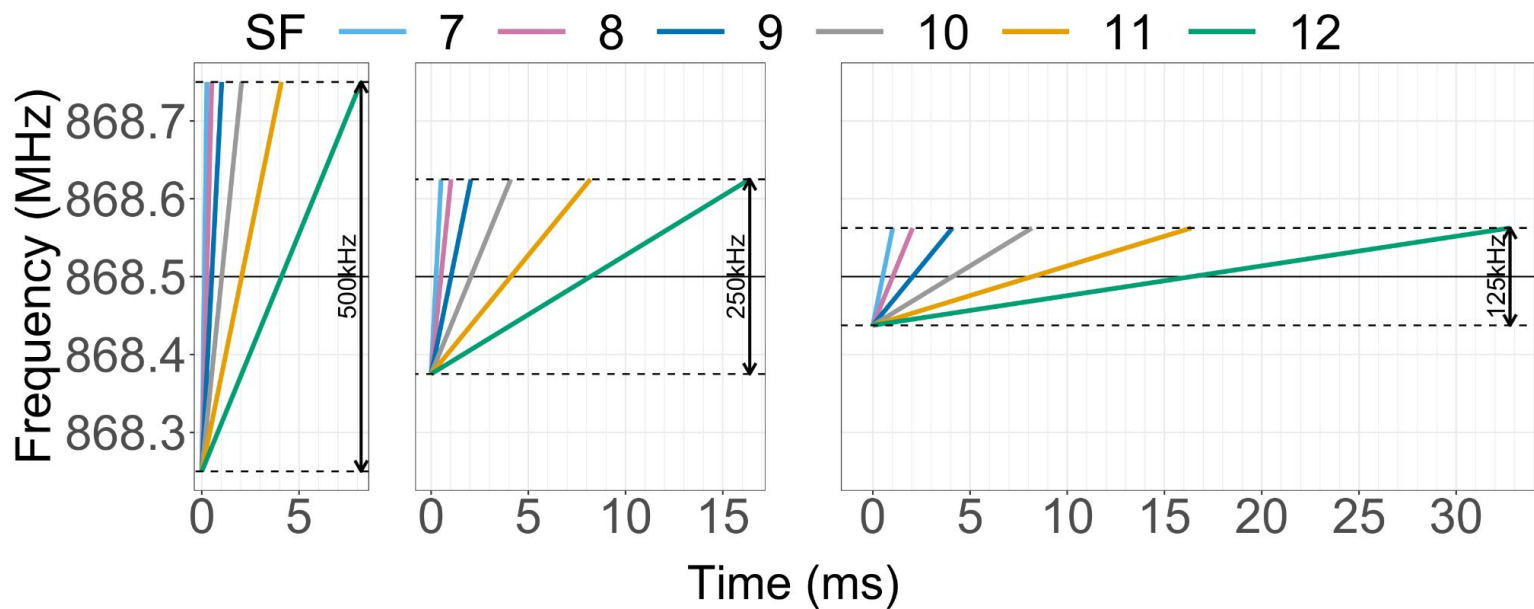
CR Coding Rate

La modulación LoRa también agrega una *corrección de errores hacia adelante* (FEC) en cada transmisión de datos.

Coding Rate (CR), que en lora puede tomar 4/5, 4/6, 4/7, 4/8 (Normalmente usado 4/5)



SF & W



[LoRa CHIRP](#)

Parámetros Modulación Lora

Bit rate

El Bitrate es la tasa de bits o datos que son procesados por unidad de tiempo



LoRa Data Rate

Data Rate	Configuración	bits/s	Max Payload [bytes]
DR0	SF12/125KHz	250	51
DR1	SF11/125KHz	440	51
DR2	SF10/125KHz	980	51
DR3	SF9/125KHz	1760	115
DR4	SF8/125KHz	3125	222
DR5	SF7/125KHz	5470	222
DR6	SF8/500KHz	12500	222
DR7	Sin definir		
DR8	SF12/500kHz	980	33
DR9	SF11/500kHz	1760	109
DR10	SF10/500kHz	3900	222
DR11	SF9/500kHz	7000	222
DR12	SF8/500kHz	12500	222
DR13	SF7/500kHz	21900	222

Parámetros Modulación Lora

Sensibilidad de recepción

Mínima potencia que puede captar el receptor -140dBm Sensitivity @292bps

SNR

La relación señal-ruido (SNR) es la relación entre la señal de potencia recibida y el nivel de potencia del piso de ruido.

- Si SNR es mayor que la señal recibida opera por encima del ruido de fondo.
- Si SNR es menor que 0, la señal recibida opera por debajo del nivel mínimo de ruido.

Normalmente, el piso de ruido es el límite físico de sensibilidad, sin embargo, LoRa trabaja por debajo del nivel de ruido. LoRa puede demodular señales que están entre -7,5 dB y -20 dB por debajo del piso de ruido

SF	SNR limit (dB)
7	-7.5
8	-10
9	-12.5
10	-15
11	-17.5
12	-20

Parámetros Modulación Lora

Air time

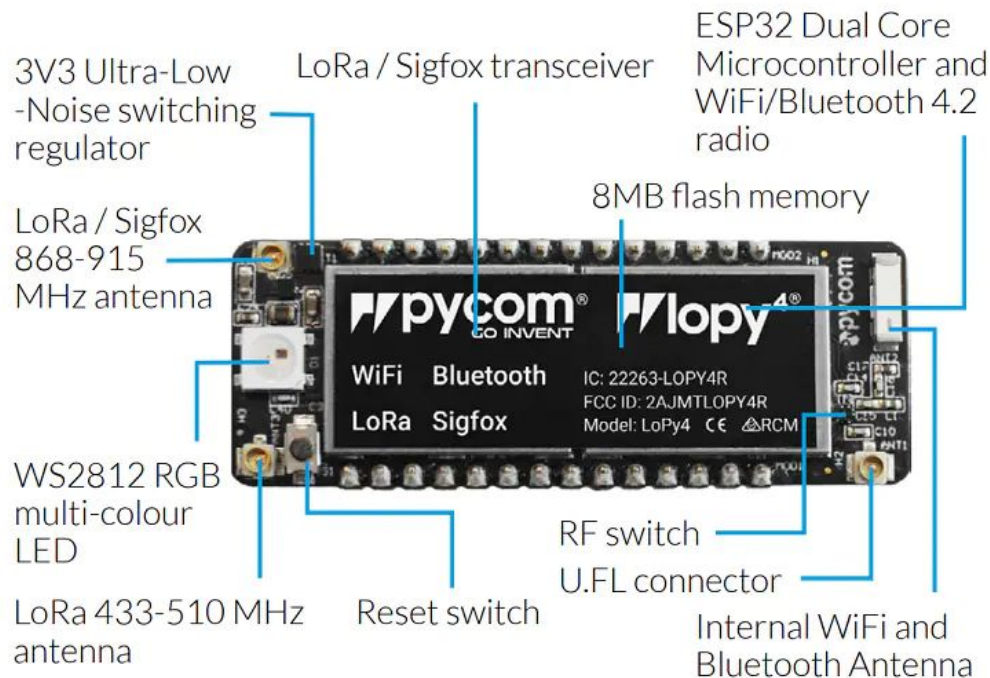
Tiempo en aire de utilización del canal (Cada nodo puede transmitir hasta el 0.1% del tiempo)

Spreading Factor (For UL at 125 KHz)	Bit Rate	Range (Depends on Terrain)	Time on Air for an 11-byte payload
SF10	980 bps	8 km	371 ms
SF9	1760 bps	6 km	185 ms
SF8	3125 bps	4 km	103 ms
SF7	5470 bps	2 km	61 ms

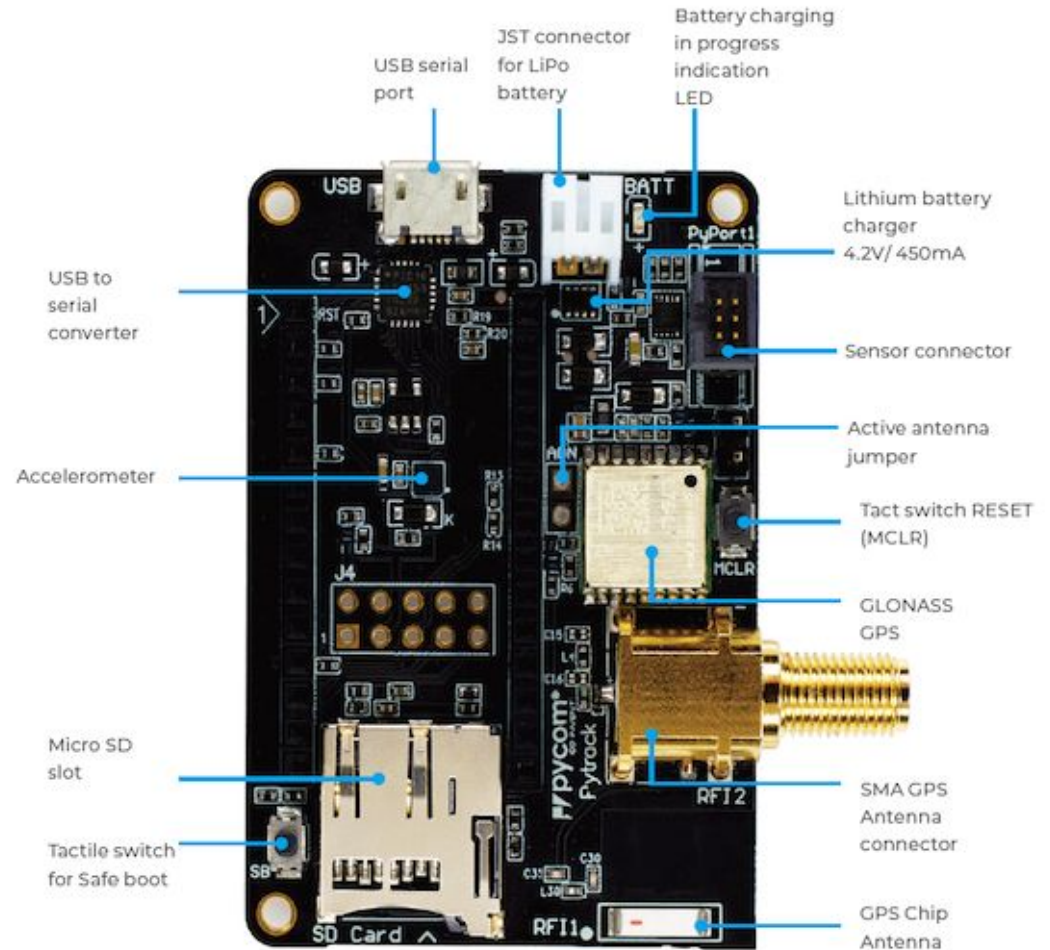
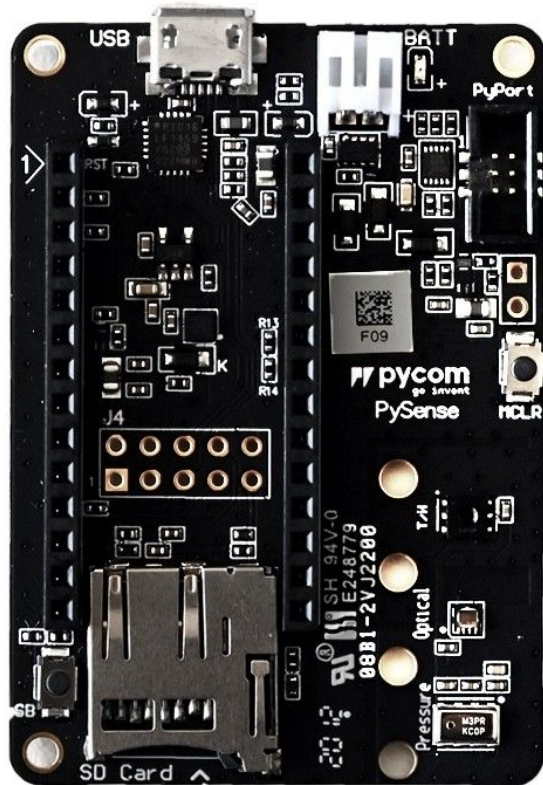


¿Por qué Lopy 4?

	Lopy 4	Rak4260
Transceptor LoRa	SX1276	SAMR34
Microcontrolador	ESP32	SAMR34
Lenguaje	MicroPython	C
Consumo deep sleep	18.5 uA	1 uA
Consumo standby	35.4 mA	1.4 uA
Consumo transmisión	108 mA	1.6 mA
Potencia transmisión	20 dbm	20 dbm
sensibilidad máxima	-94 dbm	-148 dbm
Documentación	Completa, con respaldo	Poca

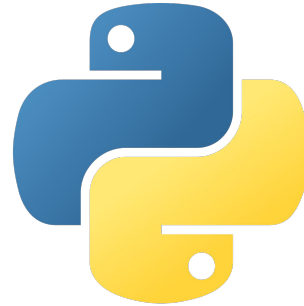
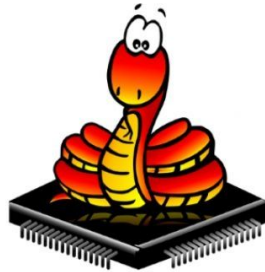


Pysense y Pytrack



MicroPython

MicroPython es una implementación sencilla y eficiente del lenguaje de programación Python 3 que incluye un pequeño subconjunto de la biblioteca estándar de Python y está optimizado para ejecutarse en microcontroladores y en entornos restringidos.



pythonTM

Instalaciones



Visual Studio Code

[Tutorial](#)



separarlo en varias ppt para que no vallan todos a distinto ritmo

Práctica 1 (Lopy4)

1. Utilizando el pysense y pytrack visualizar:

Temperatura, Humedad, Presión Barométrica, luz ambiental

Acelerómetro, Giroscopio, GPS.

2. Enviar y Recibir mensaje por Puerto Serial. (explicar bien para no confundir con lora)
3. Enviar un byte hexadecimal por LoRa al recibir un mensaje por puerto serial.
4. Recibir mensajes de los otros grupos.

Práctica 2 (Lopy4)

1. Utilizando el pysense enviar un dato del sensor de temperatura a otro nodo solamente cuando este se lo solicite.
2. Extender el proyecto para tres datos (temperatura, humedad, presion). Enviar solamente el dato solicitado por el segundo nodo.

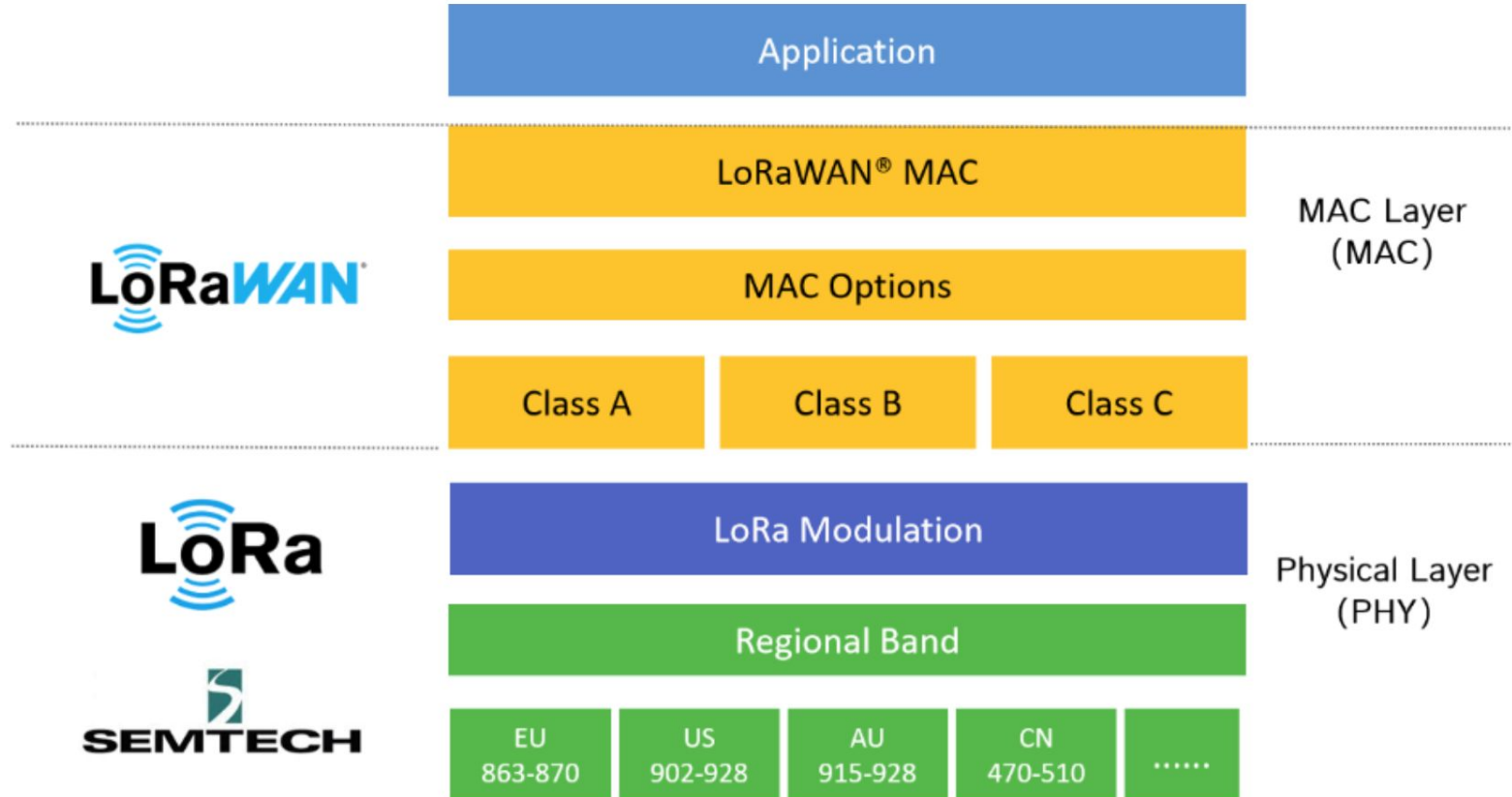
Que es LoRaWAN

Es protocolo de red que usa la tecnología LoRa, para redes de baja potencia y área amplia, LPWAN (Low Power Wide Area Network) empleado para comunicar y administrar dispositivos LoRa. Lora Alliance es la encargada de desarrollar y mantener el protocolo.

LoRaWAN se compone de gateways y nodos:

- **Gateways** (antenas): son los encargados de recibir y enviar información a los nodos.
- **Nodos** (dispositivos): son los dispositivos finales que envían y reciben información hacia el gateway.

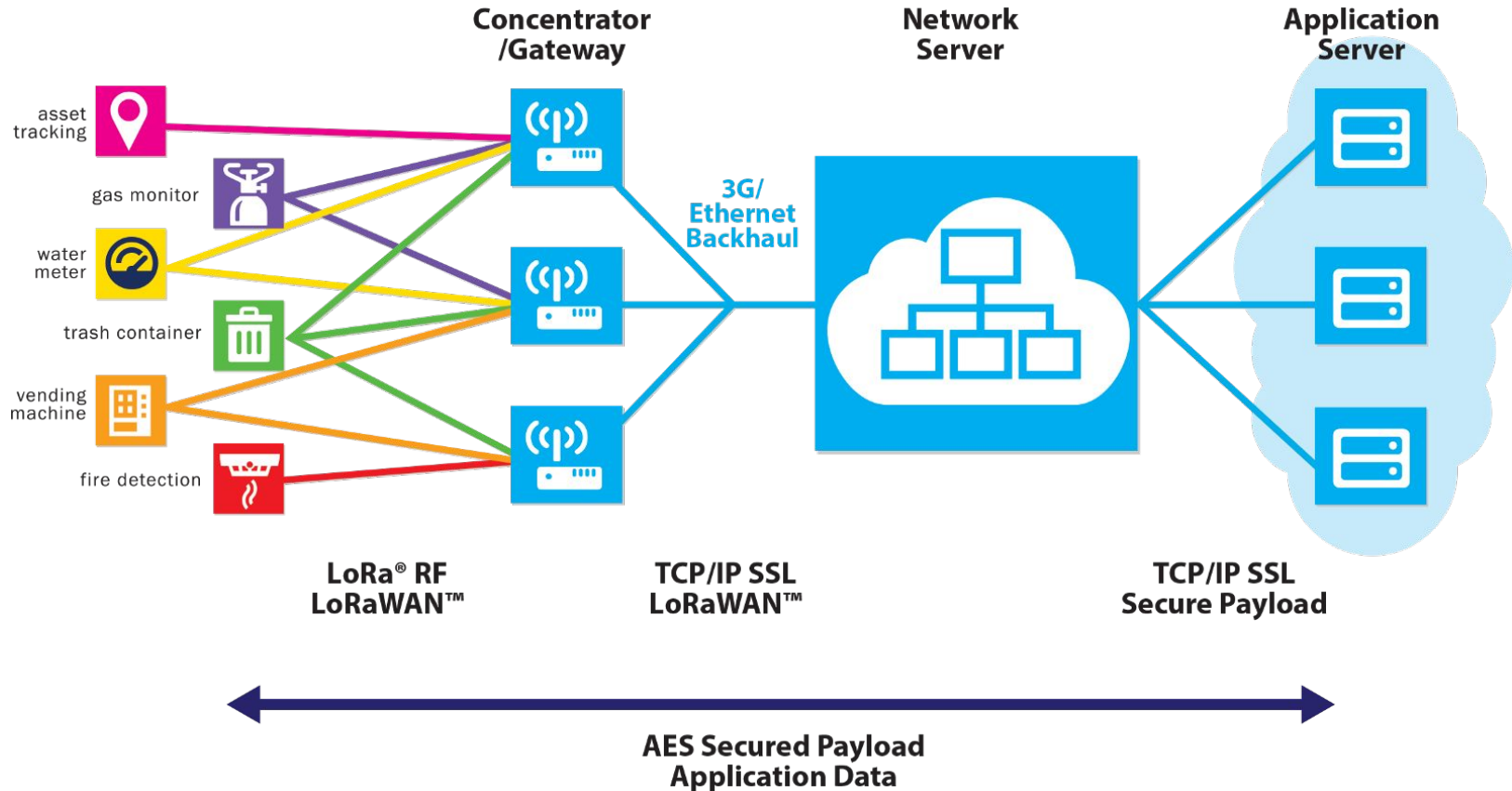
Modelo de capas LoRaWAN



Características

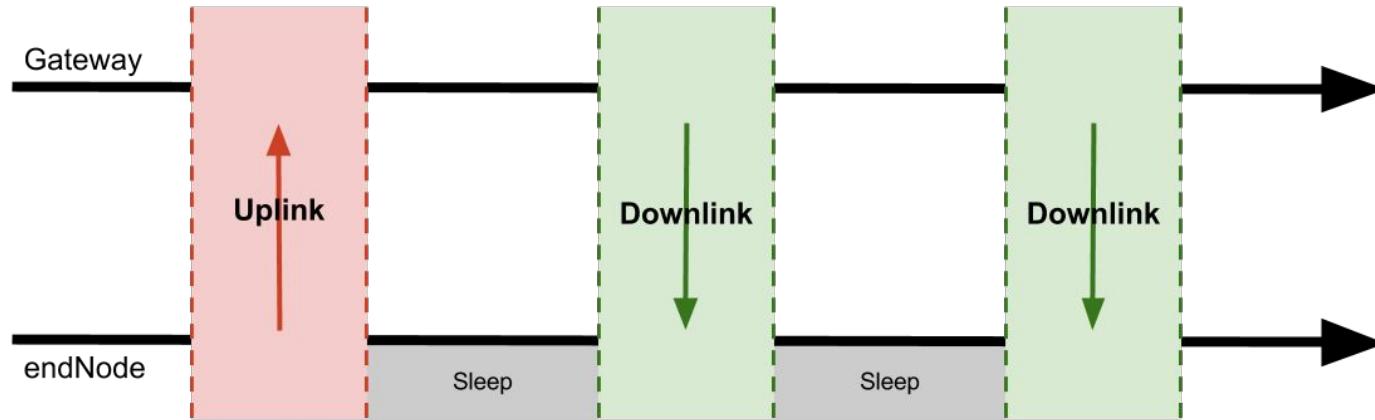
- Conexiones bidireccionales seguras mediante encriptación de extremo a extremo,
- Bajo consumo de energía
- Conexión de infinidad de sensores y equipos a redes públicas o privadas (hasta 1 millón de nodos en red),
- Baja frecuencia de transmisión, movilidad y servicios de localización.
- Interoperabilidad de las diversas redes LoRaWAN en todo el mundo.

Esquema de comunicación LoRaWAN



Clase A

- Modo de funcionamiento superiormente usado
- Mayor ahorro de energía
- El nodo es el que inicia la comunicación (uplink).



Clase B

- El gateway envía beacons de manera periódica para sincronizar el nodo
- Los nodos abre ventanas de recepción en los periodos del beacon esperando un downlink

Clase C

El nodo tiene las ventanas de recepción casi continuamente abiertas, solo se cierran cuando se transmite.

- Desventaja:
Consumo energético muy alto (para ser alimentado a batería)
- Ventaja:
El servidor puede iniciar la transmisión en cualquier momento.

Seguridad LoRaWAN

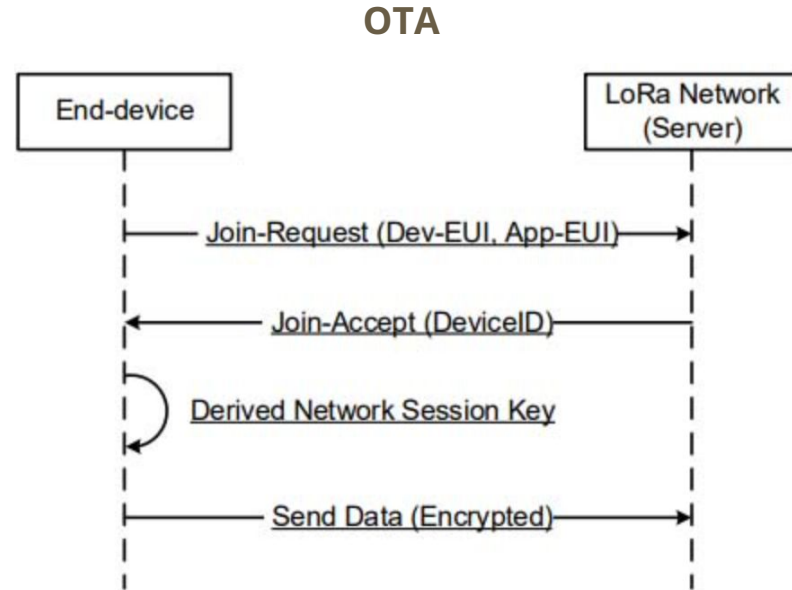
LoRaWAN utiliza el algoritmo de encriptación AES-128 y emplea 3 llaves de seguridad de 128 bits (**NwkSKey**, **AppSKey** y **AppKey**).

Como seguridad extra tanto el GW como el dispositivo final llevan la cuenta de paquetes enviados, la cual debe coincidir en ambos (**Frame Counter**)

Para unirse el nodo a una red existen dos modos:

OTA: Las llaves se negocian en el Join (más utilizado y recomendado).

ABP: Las llaves se guardan en la memoria flash del dispositivo.



Conceptos de LoRaWan

- **DevEUI** - identificador de nodo final (64 bit) (única)
- **DevAddr** - Dirección del dispositivo (32 bit) (no única)
- **GatewayEUI** - identificador de gateway (64 bit) (única)
- **AppEUI** - identificador de aplicación (64 bit) (única)

Resumen LoRaWAN Características

	LoRa	LoRaWAN
Largo Alcance y Bajo consumo	✓	✓
Utiliza bandas ISM	✓	✓
Alta sensibilidad y tolerancia a interferencias	✓	✓
Baja velocidad y frecuencia de transmisión	✓	✓
Administrar parámetros (SF, BW y potencia de transmisión)	✗	✓
Conexión bidireccional (uplink, downlink)	✗	✓
Gran cantidad de dispositivos conectados	✗	✓
Interoperabilidad entre distintas redes LoRaWAN (gateways)	✗	✓
Localización (triangulación)	✗	✓
Seguridad	✗	✓

Red y Transporte

Utilizaremos **The Things Network** (Recientemente actualizado a The Things Stack).

Es el encargado de manejar la red LoRaWan.

Hay otras alternativas (Lora Cloud, ChirpStack, LoRaWAN Stack), TTN tiene una comunidad muy grande de GW conectados de uso público. Cualquier persona puede tener uno en su casa y otros nodos en el rango lo pueden utilizar.



Práctica (TTN)

Conectarse y enviar un dato a una Aplicación ya creada. Ej. un byte.

```
↑ 19:57:56 eui-70b3d54999a4ae18 Forward uplink data message MAC payload: 01 <> [icon] FPort: 2 Data rate: SF7BW125 SNR: 0.5 RSSI: -101
↑ 19:57:41 eui-70b3d54999a4ae18 Forward uplink data message MAC payload: 01 <> [icon] FPort: 2 Data rate: SF7BW125 SNR: 2 RSSI: -103
↑ 19:57:36 eui-70b3d54999a4ae18 Forward join-accept message
↻ 19:57:34 eui-70b3d54999a4ae18 Accept join-request
↑ 19:57:30 eui-70b3d54999a4ae18 Forward join-accept message
```

Crear Aplicación y registrar un dispositivo

1. Enviar un “int” con el número 1234 usando un máximo de 2 bytes.
2. Crear un decodificador para el “int” y para verlo en la consola de TTN.
3. Enviar un “float” de temperatura.
4. Decodificar el “float”.

[Tutorial TTN](#)

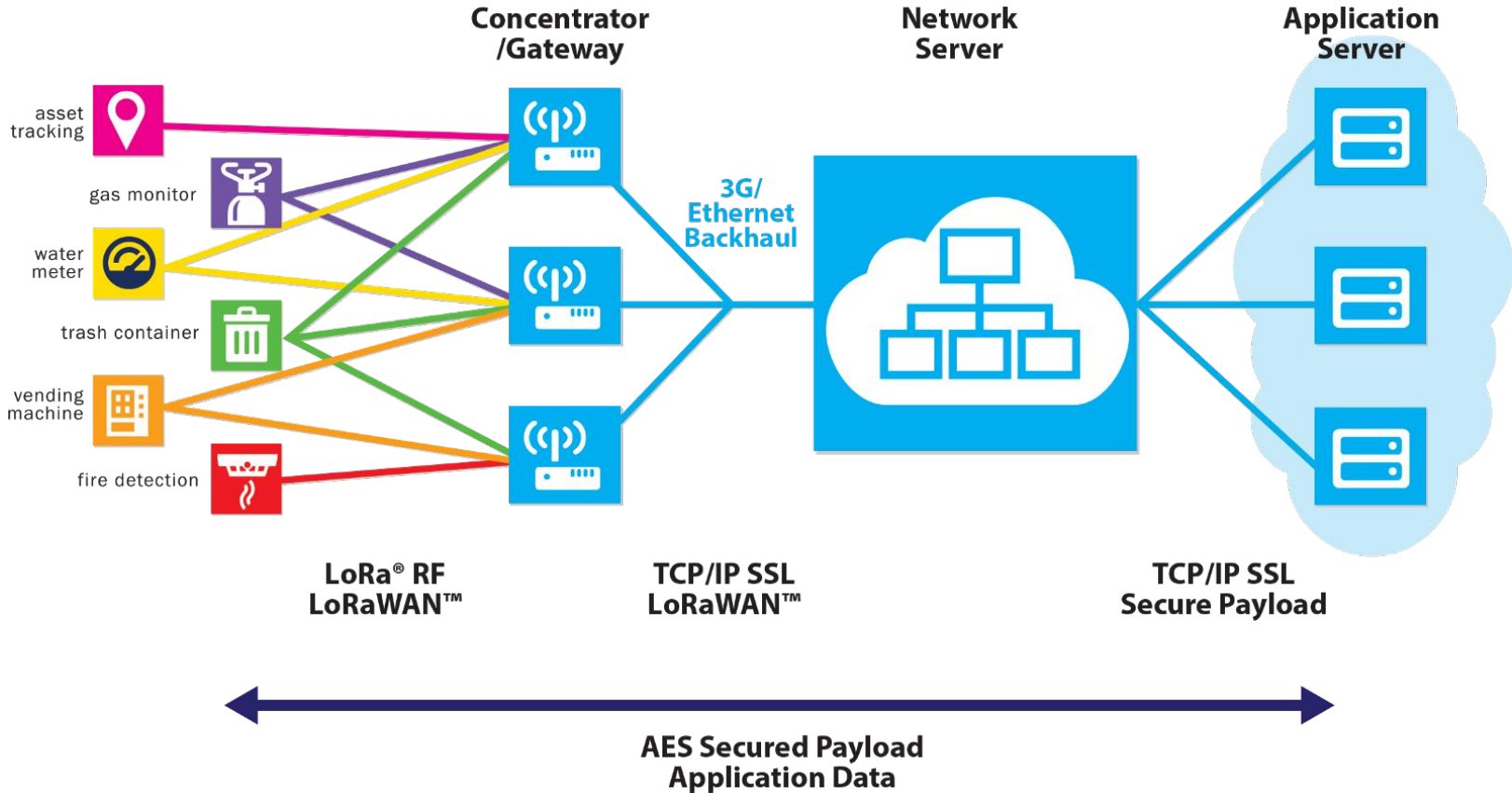
Práctica (Ubidots)

Utilizando el tutorial, visualizar una variable enviada desde .

[Guia Ubidots](#)



LoRaWAN en nuestro proyecto



Proyecto Final (opción 1)

Estudio Cobertura del Gateway

- Crear un programa que lee la ubicación de gps y la envía a TTN mapper.
- Desde TTN mapper podrá extraer un imagen de cobertura y un csv con los datos.
- Ordenar los resultados y observar potencia de recepción

[TTN Mapper](#)

Proyecto Final (opción 2)

Trackeo

- Desarrollar un programa que envíe información periódicamente de la ubicación del nodo.
- Debe contar con alarmas de variaciones de aceleración mayores a 0.5g (en dirección x) y además alertar si sale de un perímetro(cuadrado) determinado.
- Visualizar esta información en Ubidots y enviar un SMS o email con la alerta.
- Opcional, mejorar las alarmas que detectan la aceleración en cualquier dirección mayor a 1.2g y contener dentro de un perímetro circular.

Proyecto Final (opción 3)

Estación Meteorológica

- Crear un Programa que sense la temperatura, presión atmosférica, altitud, luminosidad ambiente, humedad y módulo de la aceleración neta.
- Enviar estos parámetros optimizados (con pérdida de precisión) en un payload con un máximo de 14 bytes. Enviar datos cuando es necesario (si alguno de los parámetros cambia, enviar el mensaje).
- Visualizar los distintos parámetros en Ubidots y generar alertas en caso de exceder los 1000 lux, enviar por email o SMS.
- Opcional, payload de largo variable, enviar solamente datos que cambiaron.

Gracias



Referencias 2022

Links de referencia

<https://liberi.ucu.edu.uy/xmlui/bitstream/handle/10895/1507/Baldo2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://www.semtech.com/lora/ecosystem/lora-alliance>
<https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>
<https://josefmd.com/2018/08/14/spreading-factor-bandwidth-coding-rate-and-bit-rate-in-lora-english/>
<https://medium.com/pruebas-de-laboratorio-de-la-modulaci%C3%B3n-lora/modulaci%C3%B3n-lora-4ad74cabd59e>
<https://www.youtube.com/watch?v=dxYY097QNs0>
<https://programmerclick.com/article/59512435156/>
<https://www.mdpi.com/2073-431X/10/4/44/htm>
<https://revspace.nl/DecodingLora>
<https://lora.readthedocs.io/en/latest/#snr>
<https://www.2cigroup.com/es/conceptos-de-actualidad-lora-y-lorawan/>
<https://www.facebook.com/Smartium.Agro/>
<https://www.esploradores.com/micropython/>
<https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>
<https://www.esploradores.com/micropython/>
<https://todoconectado.eu/lorawan-comunicaciones/>
<https://alfaiot.com/vs/chirpstack-ttn/>
<https://todoconectado.eu/lorawan-comunicaciones/>
<https://accent-systems.com/es/vacas-conectadas-futuro-ganaderia/>