



CASO DE ESTUDIO

INDUSTRIAL SHIELDS

CONTROL DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD CON UN OPEN MOTE B



En las áreas de trabajo, la temperatura y la humedad relativa deben mantenerse en una zona de confort por ley.

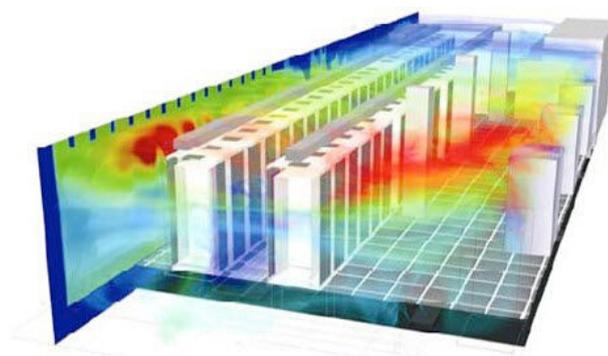
En este caso concreto, la temperatura del almacén debe oscilar entre 23 y 27°C en verano, y entre 17 y 24°C en invierno, con un valor típico de 23°C. La humedad relativa debe estar entre el 30 y el 70% durante todo el año, con un valor típico del 50%.

Los rangos de temperatura y humedad deben controlarse **automáticamente**: se instalarán sensores en todo el almacén para garantizar que las mediciones sean fiables.

RESUMEN

Los niveles elevados de humedad favorecen el crecimiento de moho, corrosión y óxido en los productos almacenados. Causan condensación en las paredes, el techo y el suelo, y esto ayuda a crear condiciones adecuadas para la aparición plagas. También pueden generar gastos de seguro adicionales debido a las reclamaciones por moho y hongos por parte de los clientes. Durante el calor del día, la humedad puede estar alrededor del 30% o menos, pero este dato es engañoso porque la humedad puede alcanzar el 70-80% durante la noche; por lo tanto, se requiere monitoreo 24/7.

La **humedad relativa (HR)** está directamente relacionada con la temperatura del aire. Si la temperatura del almacén aumenta, la humedad relativa disminuye y viceversa. La humedad relativa no refleja cuánto vapor de agua hay realmente en el aire, pero indica cómo de cerca a la saturación está el aire. Por este motivo, la humedad y la temperatura deben ser monitorizadas simultáneamente para tener el espectro completo de los datos ambientales.

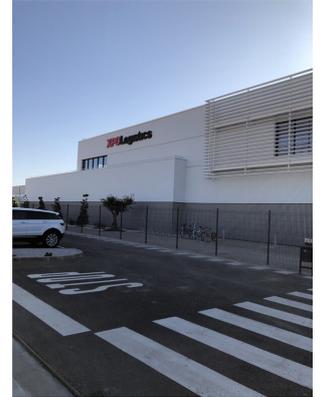


CASO DE ESTUDIO

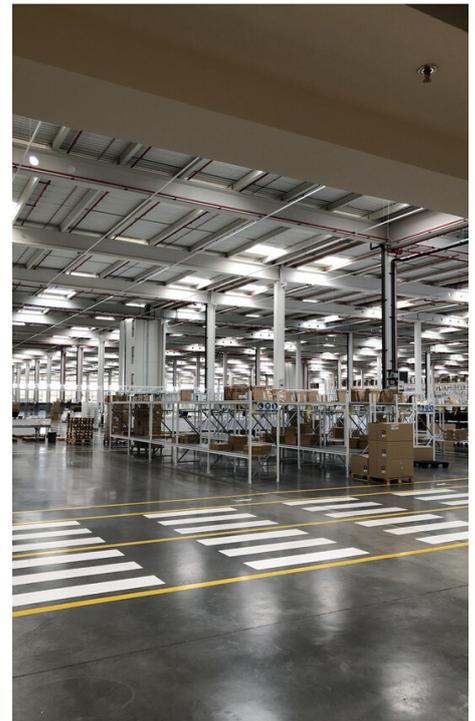
DESAFIO DE INGENIERIA

Para determinar el hardware necesario, se deben conocer las condiciones ambientales. En este caso específico, los puntos a tener en cuenta son:

- Medidas del almacén: 450x250 metros= 100.000m²
- Medición de la temperatura a 0,1°C y de la humedad relativa a 1 % cada minuto
- Los nodos deben ser de baja potencia (**> 1 año**), económicos (**< 100€**) y fáciles de instalar (**< 15 minutos**).



RESUMEN DEL ALMACEN



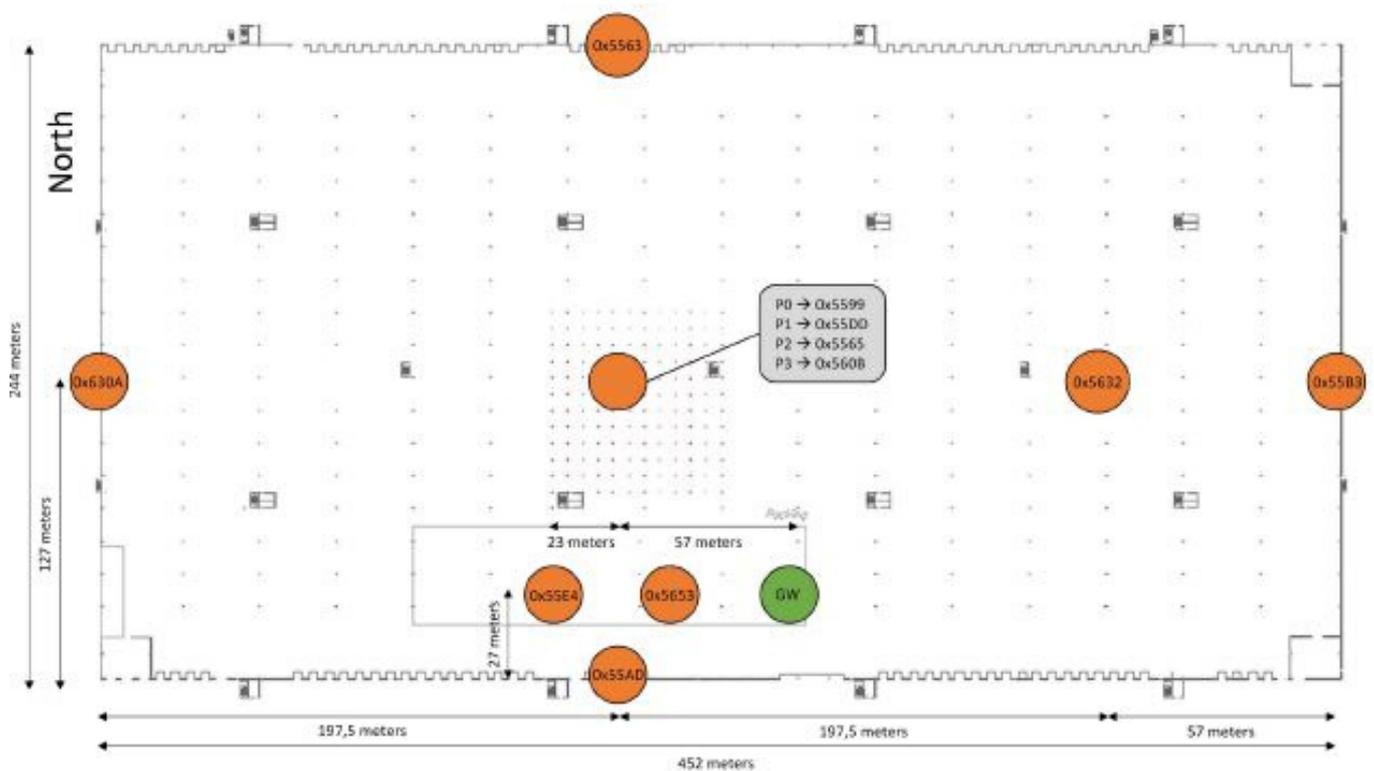
Analizando toda la estructura de las instalaciones, se ha determinado que se deben instalar un total de 11 puntos de recolección de información. En ellos, los datos de humedad relativa y temperatura ambiente se tomarán y enviarán directamente al Gateway.

Además de tomar los datos de temperatura y humedad relativa, los estados RSSI y CCA RSSI se enviarán periódicamente al Gateway para medir el nivel de potencia de las señales recibidas de cada OpenMote B. De esta manera, conoceremos el estado de cada dispositivo: si uno de los módulos falla, se detectarán rápidamente tanto el tipo de error como el módulo incorrecto.

CASO DE ESTUDIO

ESQUEMA DE DESARROLLO

A continuación, mostramos la distribución de los 11 puntos de recopilación de datos alrededor del almacén. También detallamos la posición del Gateway (color verde). Además, hay una tabla adjunta con las respectivas distancias del OpenMote B desde el Gateway.



EUI-64 (last 2-bytes)	Distance (m)	Height (m)
56-53	34.0	12
55-AD	63.0	2
55-E4	80.0	6
55-99	115.1	2
55-DD	115.1	6
55-65	115.1	10
56-0B	115.1	14
56-32	172.5	2
55-B3	221.4	2
55-63	224.4	2
63-0A	273.5	2

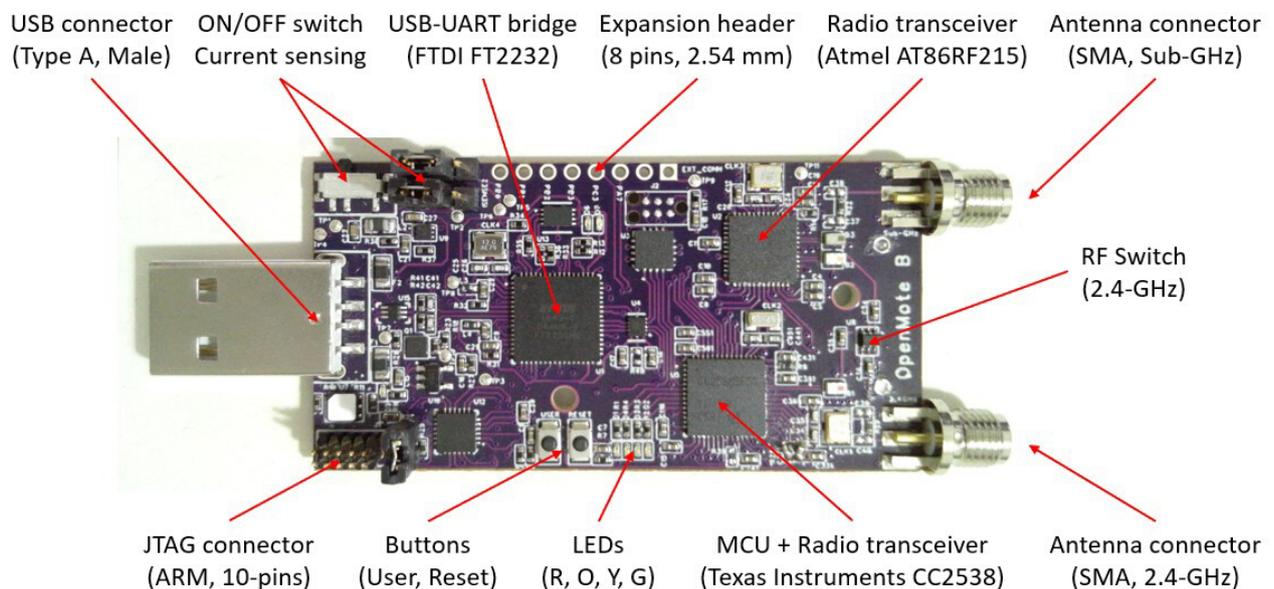
CASO DE ESTUDIO

SOLUCION DE HARDWARE (NODOS SENSORES)

Cada punto de recogida de datos se compone de los siguientes elementos:

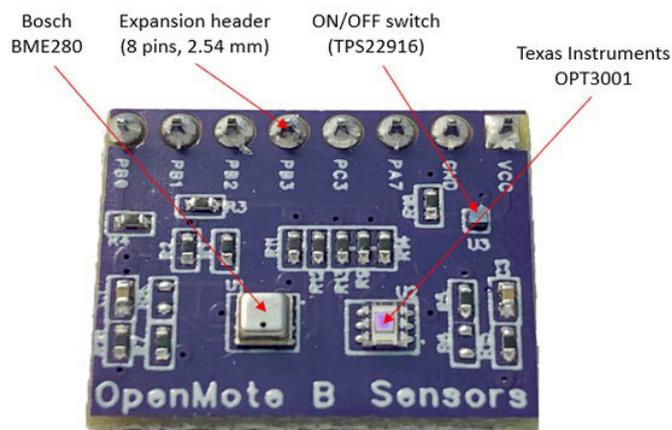
Placa OpenMote-B

- Texas Instruments CC2538
- Atmel AT86RF215
- 2x baterías AA (3V, 1500 mAh)



Sensores para placa OpenMote

- Bosch BME280 (T, RH, P)
- Texas Instruments OPT3001 (L)
- Los sensores han sido calibrados para eliminar la compensación por dispositivo.



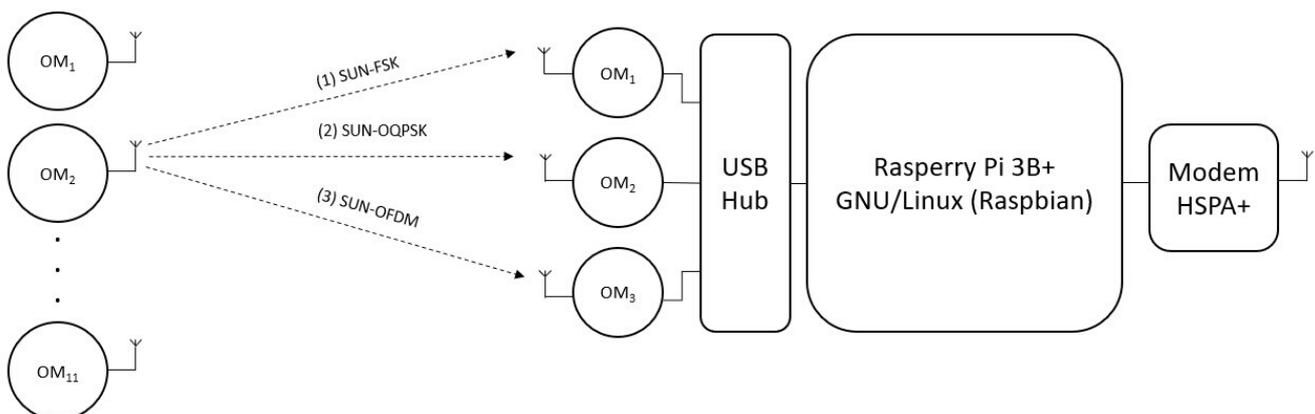
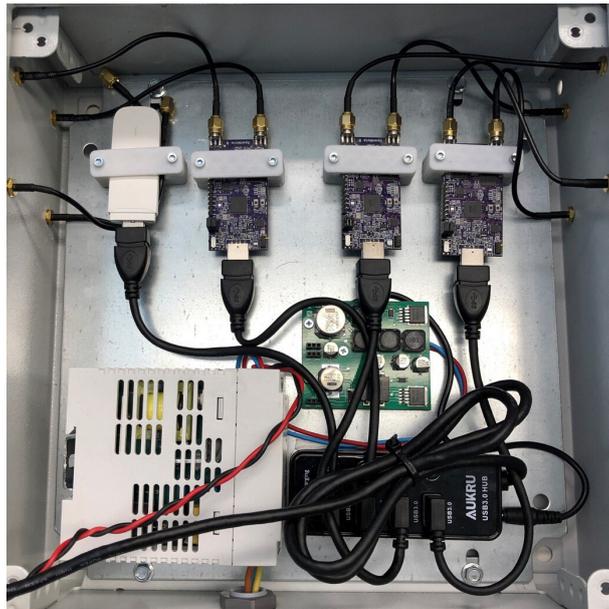
CASO DE ESTUDIO

SOLUCION DE HARDWARE (GATEWAY)

El Gateway diseñado se compone de los siguientes elementos:

Componentes del Gateway:

- Raspberry Pi 3B+ w/Raspbian
- 3x OpenMote B w/FreeRTOS
 - SUN-FSK, SUN OQPSK, SUN-OFDM
- 1x Huawei E3372 LTE w/ SIM Card (Movistar)
- Gateway Server w/Python 3
 - Serializa datos desde USB y transmite paquetes a través de MQTT



CASO DE ESTUDIO

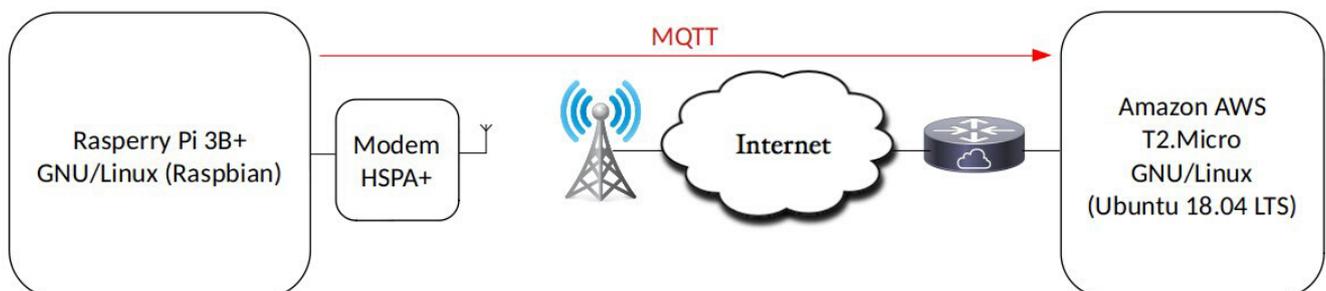
SOLUCION DE ARQUITECTURA

El sistema está dentro de la nube; el back-end se implementa en Amazon AWS:

- Instancia T2.Micro con Ubuntu 18.04 LTS
 - 1x vCPU (Intel Xeon E5-2676@2.4GHz)
 - 1 GByte RAM, 8 GByte Disk
- Servidor en la nube con Python3 (personalizado)
 - Recibe datos a través de MQTT, agrega paquetes duplicados y realiza la calibración
- Node-Red, Grafana & InfluxDB stack
 - Realiza monitoreo: agregación de datos, almacenamiento y representación.



ESQUEMA DE LA SOLUCION DE ARQUITECTURA



CASO DE ESTUDIO

INSTALACION

Todo el proceso de instalación se implementa en dos fases:

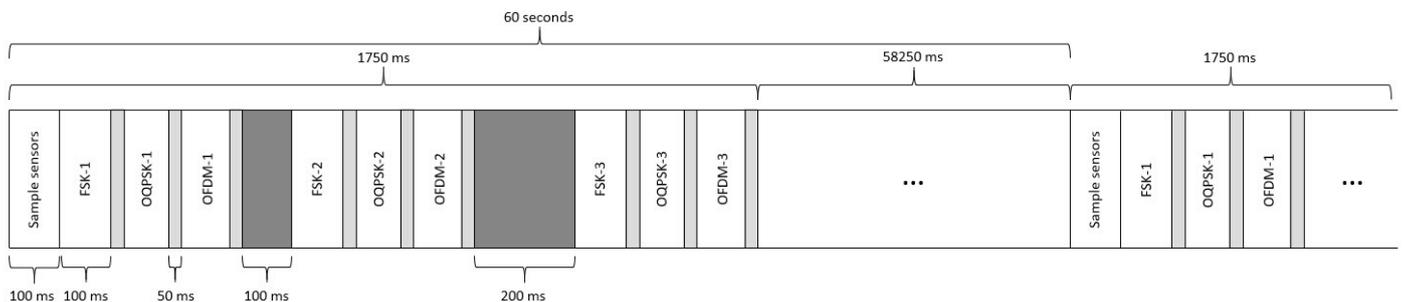
- Primera fase: (16 de julio): se instala el Gateway y 5 sensores de nodos.
- Segunda fase (30 de julio): otros 6 sensores de nodos son instalados para completar la implantación.
- Se necesitan 10 minutos (máximo) para instalar cada nodo.



OPERACION DE LA SOLUCION

Cada sensor en la red realiza la siguiente operación:

- Activarse cada 60 segundos y tomar muestras de los sensores de temperatura y humedad relativa.
- Preparar el paquete de datos (datos del sensor) y transmitirlo tres veces (a 100 ms, 650 ms, 1300 ms)
- En cada repetición, el paquete se transmite tres veces (FSK, OQPSK, OFDM) con una separación de 50 ms



CASO DE ESTUDIO

RESOLUCION

Independientemente de la modulación, cada paquete en la red tiene la siguiente estructura:

LENGTH	PAN ID	EUI-16	TX MODE	TX COUNTER	PACKET COUNTER	TEMPERATURE	HUMIDITY	PRESSURE	LIGHT	CSMA RETRIES	CSMA RSSI
1 Byte	2 Bytes	2 Bytes	1 Byte	1 Byte	4 Bytes	2 Bytes	2 Bytes	2 Bytes	2 Bytes	1 Byte	1 Byte
0-255	0xCAFE		{0,1,2}	{0,1,2}	{0 - 2 ³² -1}						

Es importante considerar que:

- Al transmitir, el paquete codifica (FSK, OQPSK, OFDM) y el contador transmite la repetición (1,2,3) para cada módulo de recopilación de datos.
- El contador de paquetes aumenta monótonicamente y permite detectar pérdidas de paquetes y restablecimientos de nodos.
- Los paquetes se transmiten usando CSMA-CA y CCA, con 3 iteraciones si el canal se encuentra ocupado.
- Los paquetes tienen 21 bytes de longitud, pero están encriptados usando AES-128. La PSDU final siempre tiene 32 bytes.
- CSMA RETRIES indica reintentos para cada modo; CSMA RSSI indica el ruido del canal al transmitir.

RESULTADOS

Finalmente, se han satisfecho las principales necesidades que el cliente marcó al inicio de este proyecto:

- Se ha logrado un sistema en el que cada nodo inalámbrico de recopilación de datos ha costado menos de 100 €.
- Las mediciones de temperatura y humedad se obtienen simultáneamente desde los 11 puntos cada minuto.
- Gracias al método de suspensión, se ahorra mucha batería de los nodos inalámbricos, por lo que durarán más de un año sin cambiar las baterías.
- El tiempo medio de instalación de cada nodo ha sido más corto que el solicitado (15 min): se ha reducido a 10 min.
- Además, con el estudio de RSSI y CSMA RSSI es posible saber si alguno de los nodos tiene problemas de transmisión y detectar rápidamente un fallo del sistema.

CASO DE ESTUDIO

RESULTADOS (MONITORIZACION)

Gráfico de temperatura

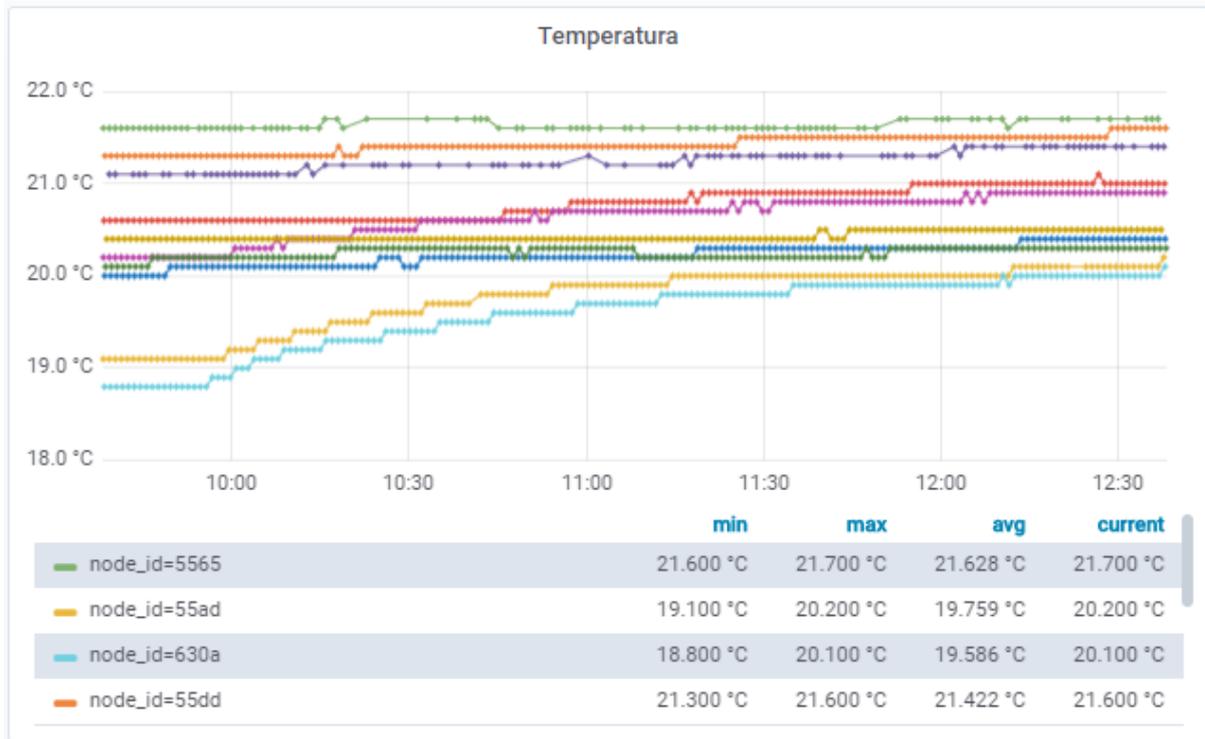
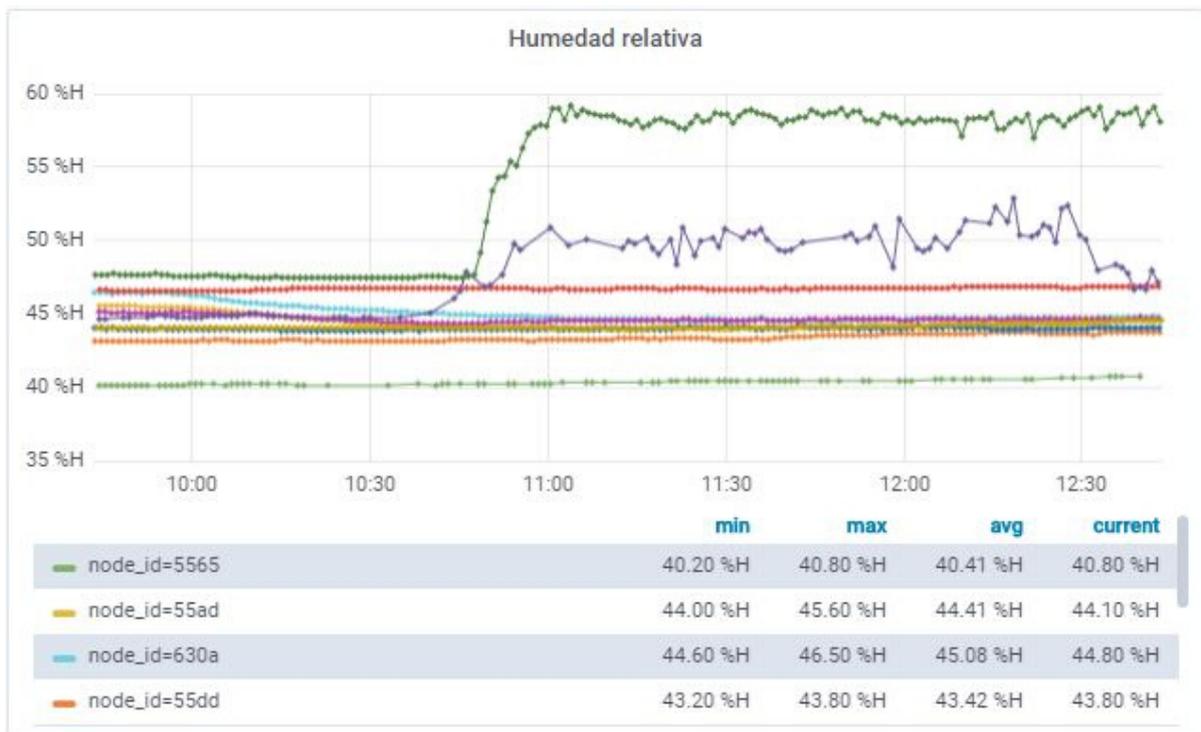


Gráfico de humedad relativa



CASO DE ESTUDIO

Gráfico RSSI

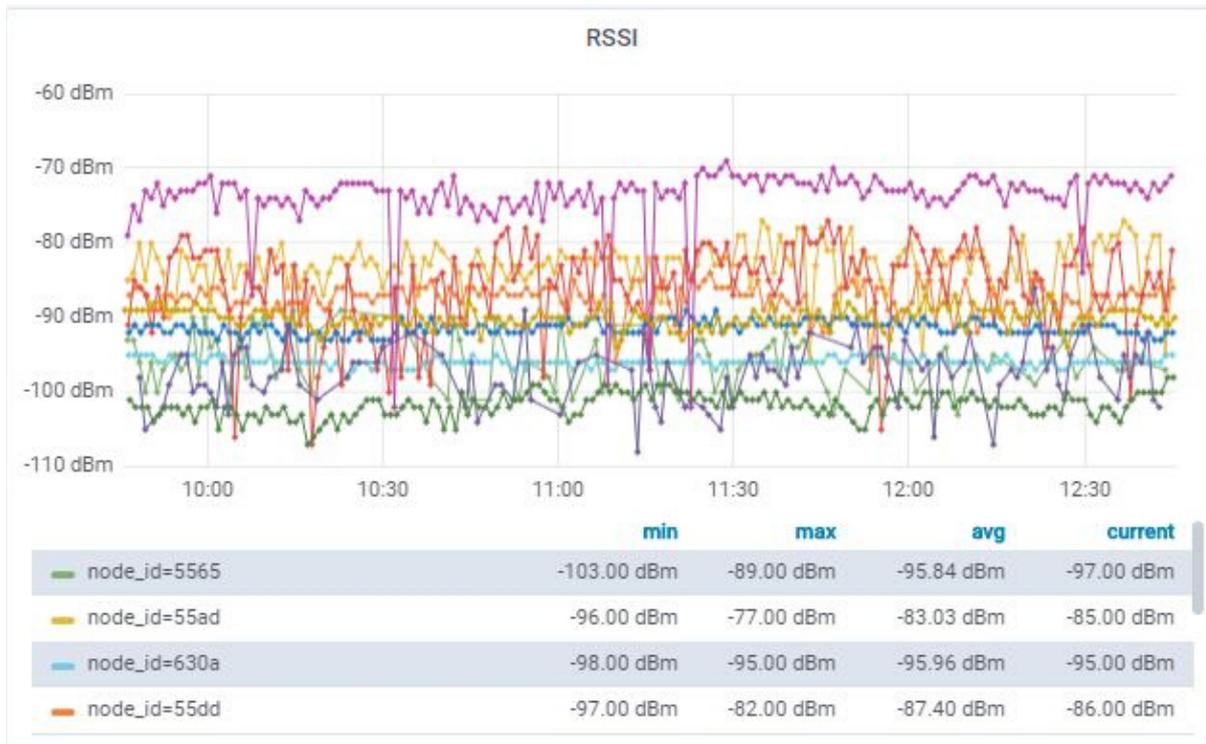


Gráfico CCA RSSI

