

TecnOlivo E2.1

Especificación de la red inalámbrica de sensores en tierra

v 1.0

Emisor: UHU

Fecha: 17/09/2018

0. Resumen

En este entregable se incluyen las especificaciones de la red de sensores que se han seleccionado a partir de ensayos realizados en campo. En los mismos se ha comprobado la fiabilidad de las soluciones elegidas.

Se describen también los experimentos que se van a realizar para escoger el sensor de humedad de suelo con las mejores características para obtener información directa de las necesidades de riego en tiempo real. También se describe las particularidades de un nuevo sensor con capacidad de monitorizar las plagas que pueden afectar al cultivo, de forma que se pueda actuar sobre las mismas de manera temprana y efectiva. Se pretende que mediante el uso de este sensor se reduzcan los efectos sobre el medio ambiente y los costes asociados tanto al uso de fitosanitarios como en pérdidas productivas.

Especificación de la red inalámbrica de sensores en tierra

1. Índice

0. Resumen	1
1. Índice	2
2. Determinación del hardware de la red de sensores	3
2.1. Protocolo de comunicación	4
2.2. Sensores	5
2.3. Encapsulado	6
3. Primeros tests; Error! Marcador no definido.	
4. Interacción con la plataforma aérea	12
5. Conclusiones	13

2. Determinación del hardware de la red de sensores

Para la determinación del hardware más adecuado a utilizar en la red de sensores se comenzó con la evaluación de los diferentes protocolos de comunicación que eran de utilidad para la realización de la red de sensores. Desde un inicio se optó por la utilización de placas de desarrollo basadas en microcontrolador que incorporaran la electrónica necesaria para la comunicación inalámbrica. Se realizó esta elección para priorizar robustez y reducir el tiempo de desarrollo.

Los dos protocolos que se seleccionaron son LoRa y Sigfox y placas de desarrollo de dos fabricantes: MKR1200 de Arduino y lopy⁴ de Pycom.

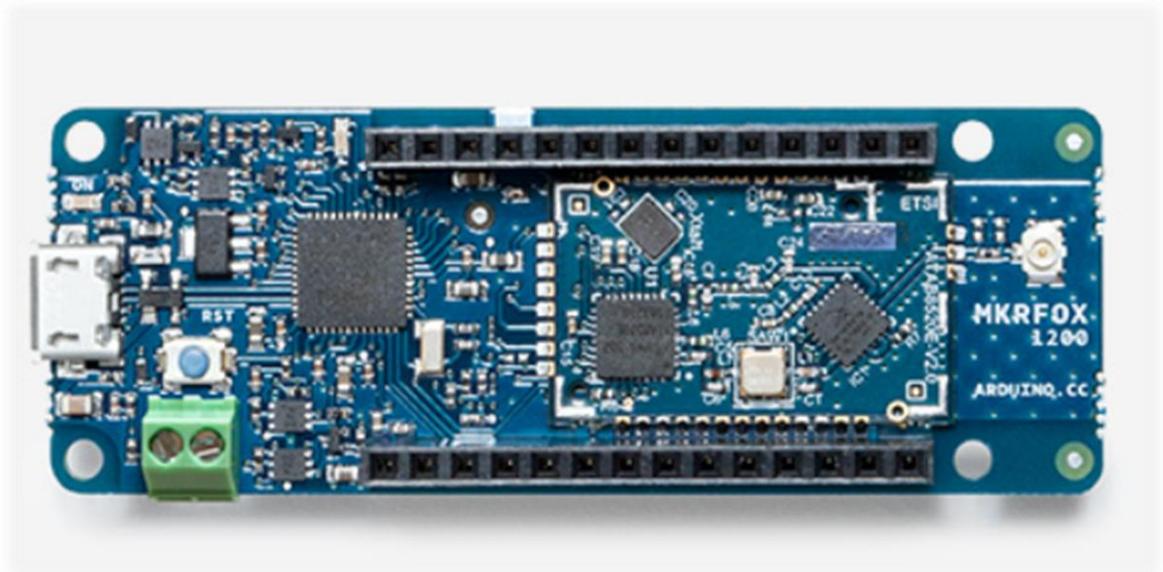


Figura 1: Placa de desarrollo MKRFox 1200 desarrollada por Arduino. Incluye un microcontrolador y conectividad Sigfox.



Figura 2: Placa de desarrollo lopy4 desarrollada por pycom. Incluye un microcontrolador y conectividad WiFi, Bluetooth, LoRa y Sigfox.

2.1. Protocolo de comunicación

Como se ha indicado en la sección anterior, se eligieron dos protocolos (Sigfox y LoRa) para la comunicación y envío de datos para su posterior procesado en el servidor central. Ambos protocolos diseñados específicamente para el internet de las cosas (IoT), y entre sus características destacan consumo reducido y amplia cobertura de la señal. El uso de las bandas ISM permite su operación sin licencia y facilitan el despliegue de redes extensas sin necesidad de gestionar permisos.

LoRa se basa en una topología punto a punto o de estrella, en la que un nodo central (gateway) recibe los mensajes de todos los sensores asociados y la transmite a internet usando una conexión directa o mediante red móvil (3G o 4G).

Por su parte, Sigfox utiliza una tecnología de “banda ultraestrecha” (UNB) sobre banda ISM con comunicación a una red propia que hace directamente accesible los datos en internet a través del backend de Sigfox. Al operar sobre red propia no es necesario contar con un *gateway*, pero por el contrario se depende de la cobertura que ofrece Sigfox.

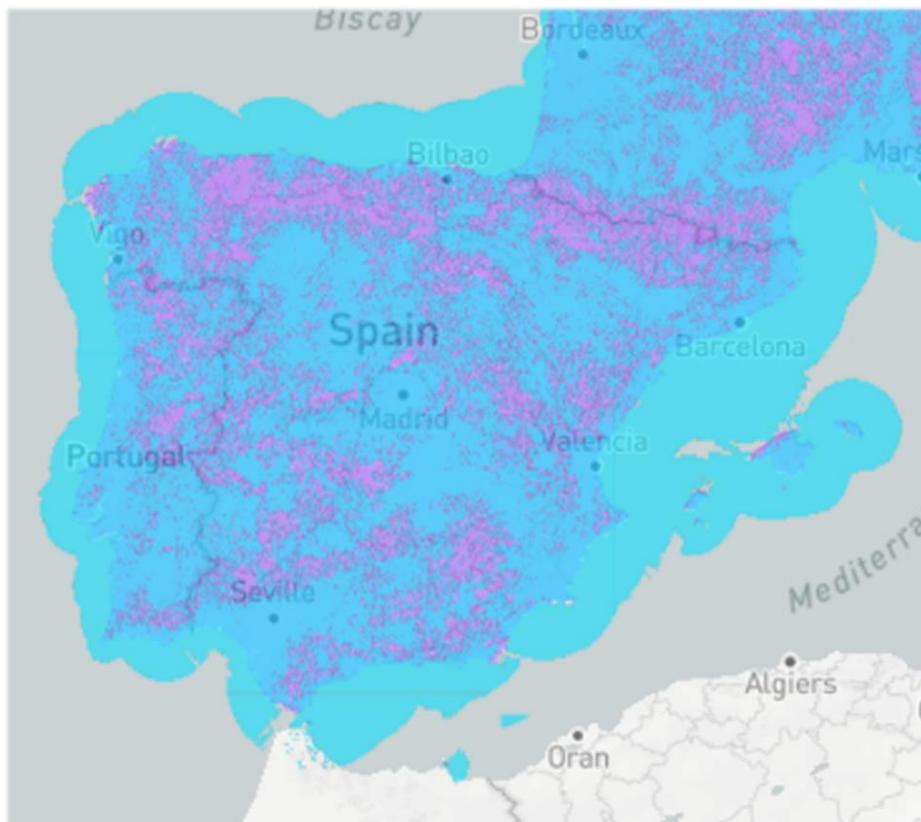


Figura 3: Mapa de cobertura de la red Sigfox.

Inicialmente se optó por un enfoque mixto, en el que se planeaba utilizar Sigfox en aquellos emplazamientos con cobertura de la red y LoRa en los que tuvieran menos calidad de señal. Esta aproximación permite trabajar en zonas sin cobertura Sigfox mediante LoRa y como *gateway* utilizar Sigfox con un módulo mixto (con conectividad Sigfox y LoRa, como el módulo lopy⁴). Sin embargo, en los test que se han realizado en campo, se ha comprobado que la cobertura y calidad de señal de Sigfox es muy alta en los

emplazamientos designados para pruebas y por ello se ha priorizado el desarrollo de los sensores basados en únicamente en esta red.

2.2. Sensores

Para los prototipos iniciales se han designado dos tipos de sensores como prioritarios para su desarrollo, integración y testeo: sensor ambiental (temperatura, humedad relativa y presión atmosférica) y de humedad de suelo. Como sensor ambiental se ha utilizado un Bosch Sensortec BME280 por su bajo coste, pequeño tamaño reducido consumo eléctrico y alta precisión.

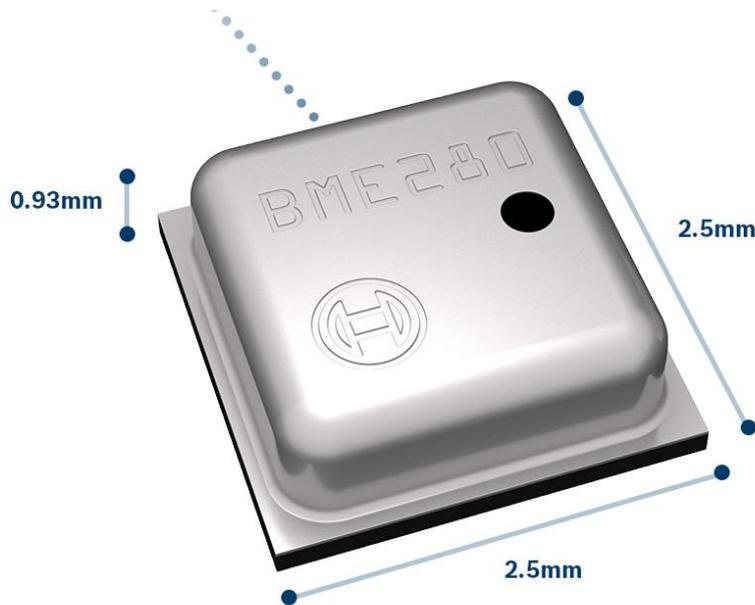


Figura 4: Sensor ambiental Bosch Sensortec BME280.

La conexión del sensor a la placa de desarrollo se realiza mediante el protocolo I2C, lo que permite que varios sensores sean controlados por la misma de forma sencilla, facilitando su ampliación si fuera necesario.

En cuanto a los sensores de suelo, al tratarse de una medida de especial interés agronómico, se pretende evaluar la eficiencia de diferentes dispositivos, por lo que se ha diseñado un experimento para ello. Entre los sensores se encuentra uno de reducido coste (<10€), y dos de aplicación comercial del fabricante Decagon. Se ha diseñado un experimento con la finalidad de evaluar su sensibilidad, comparándola con dispositivos de precisión para elegir el óptimo en función de la relación calidad precio.



Figura 5: Sensores de suelo. De izquierda a derecha: Sensor de bajo coste, Decagon 10HS y Decagon 5TE.

Además, se está desarrollando un tercer sensor para la monitorización en tiempo real de plagas basado en análisis de imagen. El dispositivo está compuesto por un receptáculo en el que se instala una placa adhesiva con feromonas para atraer a los insectos. Esta placa es habitualmente usada para la monitorización en explotaciones comerciales, por lo que su adquisición es sencilla y económica. También se incorpora una cámara, iluminación para la correcta captura de imágenes, procesador y batería.

A parte de los valores anteriormente indicados (temperatura, presión, humedad ambiente y humedad del suelo), también se monitorizan la temperatura en el interior del dispositivo principal y la tensión de las baterías. De esta forma se puede evaluar de forma remota el estado del módulo y si el funcionamiento del mismo es correcto, así como si es necesario sustituir las baterías.

2.3. Encapsulado

La protección de los distintos elementos que componen la red de sensores es de vital importancia ya que son dispositivos que van a estar expuestos a los elementos y deben ser resistentes a las actividades propias de la explotación del olivar (como fumigación o poda). Se han diseñado buscando la reducción del mantenimiento al mínimo, siendo posible que este se realice por personal no cualificado. Es por ello que los módulos deben ser robustos y resistentes, pero al mismo tiempo, mantener un bajo costo.

Para el cuerpo principal se ha utilizado caja eléctrica de conexiones (con certificado IP66) al tratarse de un producto resistente, hermético y de coste reducido. Dentro del mismo se instala la placa de control y las baterías. Los sensores se sitúan en el exterior, por lo que se han utilizado pasamuros para garantizar la estanqueidad del conjunto. Ni el sensor ambiental ni el de humedad de suelo de bajo coste incluyen una carcasa apropiada, por lo que se han diseñado unas específicas utilizando impresión 3d para su fabricación.

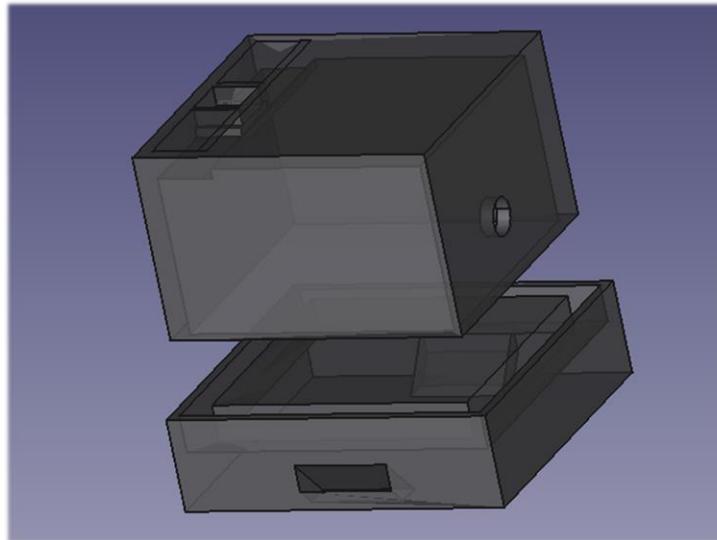


Figura 6: Encapsulado diseñado para la protección del sensor Bosch BME280.



Figura 7: Impresión 3d del encapsulado del sensor de suelo de bajo coste.

Gracias a la calidad de la señal obtenida en la conexión a la red Sigfox, se ha optado por una antena de pequeño tamaño instalada en el interior del módulo principal (se puede observar en la Figura 7 en la parte superior del módulo con color verde). En caso de que en otras localizaciones la calidad de conexión fuera insuficiente, se podrían utilizar antenas externas de mayor ganancia situadas en puntos más altos.

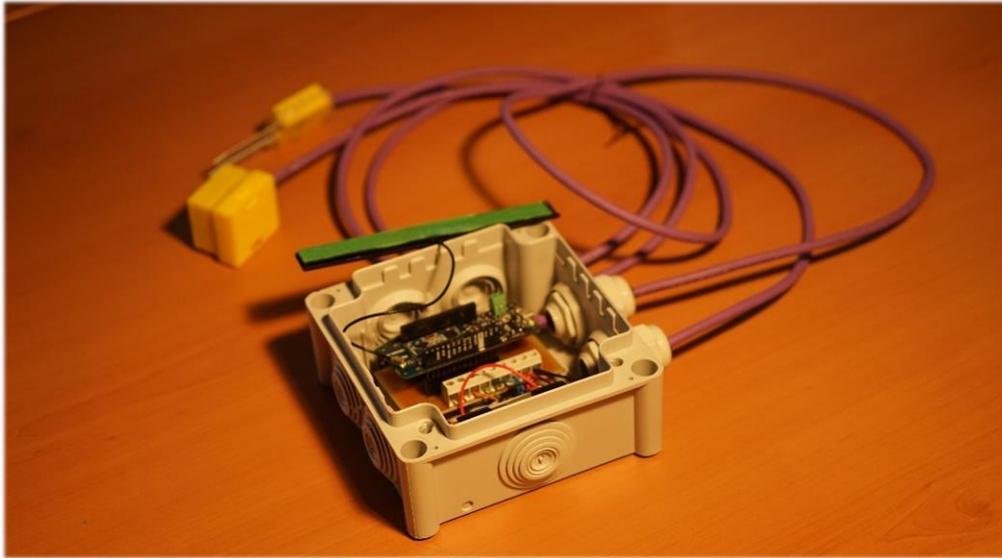


Figura 8: Prototipo de sensor con el módulo principal en primer plano y los sensores ambientales y de humedad de suelo de bajo coste.

3. Evaluación de los sensores en condiciones reales

Con el fin de evaluar la idoneidad de los sensores y soluciones adoptadas se ha instalado un primer sensor en un olivar de un socio de OLEO situado en Gibraleón (Huelva, España). Este sensor está equipado con un módulo de sensor ambiental y uno de humedad de suelo de bajo coste.

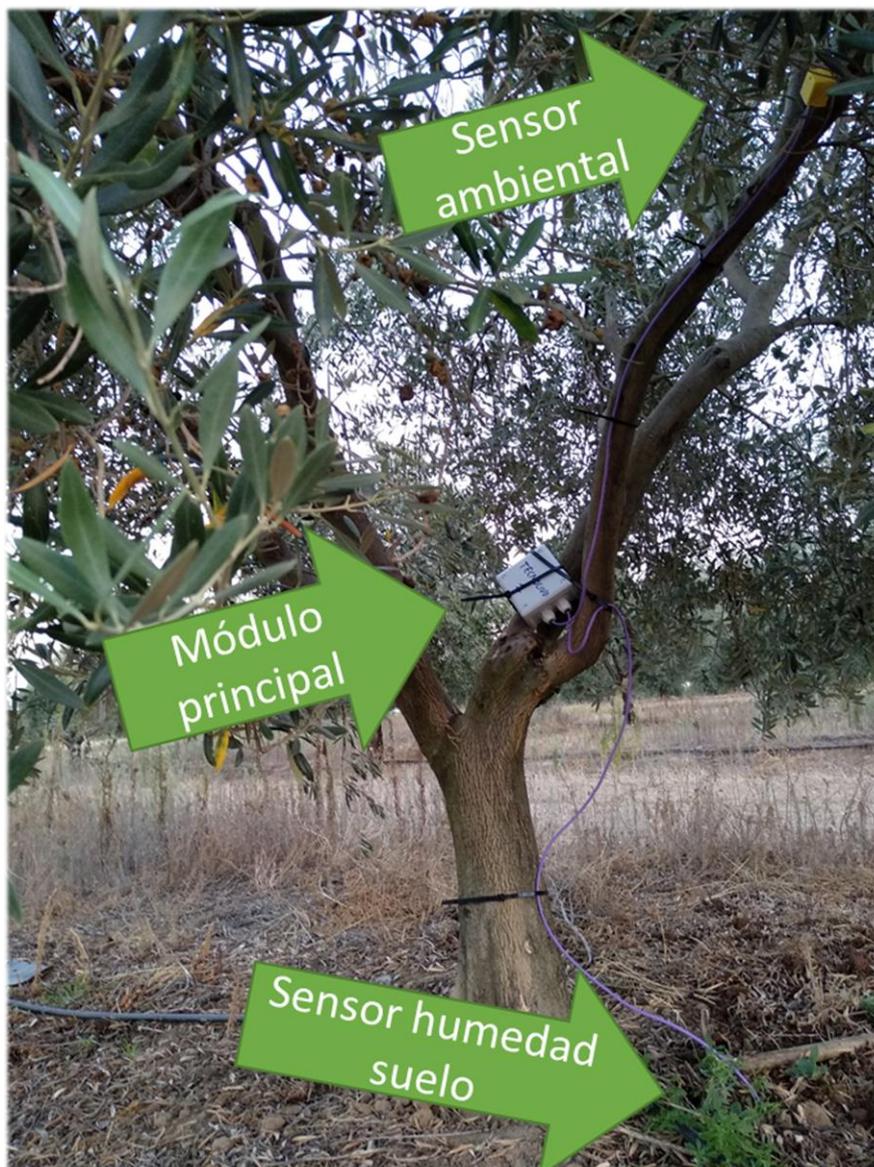


Figura 9: Primer dispositivo de la red de sensores instalado en un olivar en Gibraleón (Huelva, España).

El módulo principal se sujetó al tronco del olivo y se instaló el sensor ambiental en la parte superior de una rama. De esta forma la copa del olivo proporciona sombra al módulo principal y al sensor, permitiendo una medida más precisa de la temperatura del aire y reduciendo el estrés del módulo principal y las baterías. El sensor de humedad del suelo se enterró a una profundidad de aproximadamente 20cm, cerca de la base del tronco.

El módulo está configurado para enviar datos a la red Sigfox cada 20 minutos. Se ha elegido esta frecuencia para evaluar la duración de las baterías (a nivel agronómico no es necesaria una frecuencia tan alta), de forma que en el futuro se utilizarán frecuencias más bajas que redunden en mayor autonomía del módulo.

Debido a las limitaciones impuestas por el uso de la red Sigfox (12 bytes por paquete enviado), se ha ajustado la resolución de las diferentes medidas en función de la importancia de las mismas:

Tabla 1: Tamaño en bytes de cada uno de los valores en el paquete enviado a la red Sigfox.

Medición	Tamaño (bytes)
Temperatura aire	2
Presión ambiente	2
Humedad relativa	2
Humedad suelo	1
Tensión baterías	1
Temperatura módulo principal	1
Estatus comunicación	1

Como se puede comprobar en la Figura 10, la recepción de la señal es muy buena en la localización elegida, por lo que no es necesario utilizar antenas externas o repetidores.



Figura 10: Relación señal-ruido (SNR) en las transmisiones a la red Sigfox desde la localización de prueba.

Los datos se reciben en el *backend* de Sigfox y partir de ahí se envían a través de *callbacks* a los servidores donde se realizará su análisis. A modo de prueba, para poder supervisar todo el proceso se ha utilizado los servidores públicos de ThingSpeak (www.ThingSpeak.com) donde se ha configurado un *front-end* de prueba que se puede ver en la Figura 11.

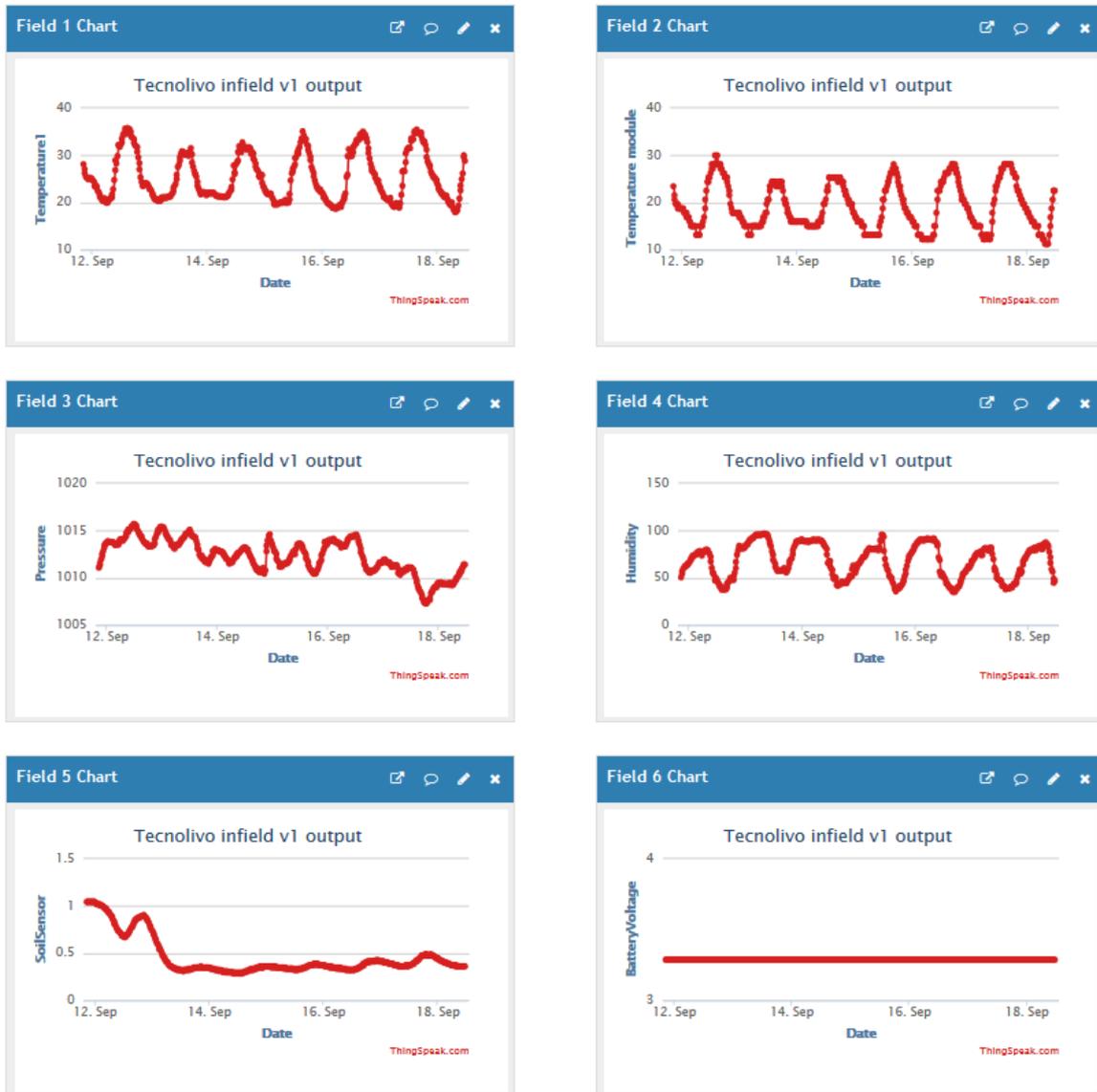


Figura 11: Visualización de los datos enviados por el sensor de prueba. Se pueden ver la temperatura, humedad y presión ambiental, humedad de suelo, temperatura del módulo principal y tensión de la batería.

4. Interacción de la red de sensores con la plataforma aérea

La red de sensores de tierra se ha diseñado para complementarse con las mediciones obtenidas mediante el uso de los sensores de la plataforma aérea. Este enfoque conjunto combina la capacidad de captura de datos con alta resolución espacial de la plataforma aérea con la resolución temporal de la red de sensores.

El uso de sensores ambientales permanentemente instalados en el olivar también tiene la ventaja de que permite la calibración de las mediciones realizadas con los sensores aéreos, especialmente las termográficas, que requieren valores de temperatura y humedad relativa del aire para su calibración.



Figura 12: Estación meteorológica portátil (proporcionada por INIAV) para la calibración de las mediciones aéreas en campo utilizada en los experimentos realizados en 2018.

Al no estar disponible la red de sensores en los experimentos realizados en agosto, la calibración de las mediciones se ha realizado mediante una estación meteorológica portátil. En los experimentos a realizar en próximas campañas se utilizarán los sensores de tierra, resultando en mediciones más precisas (gracias a la extensión de la red) y en la simplificación del proceso de adquisición por parte de los usuarios.

5. Conclusiones

Se ha evaluado la funcionalidad del prototipo para la red de sensores y se ha comprobado la idoneidad del hardware seleccionado, tanto a nivel hardware, como electrónico como en necesidad de mantenimiento. Se ha comprobado que las comunicaciones mediante la red Sigfox son robustas y no se ha encontrado necesidad de utilizar antenas exteriores para ampliar la cobertura, aunque se ha dejado abierta la posibilidad para utilizarla en caso necesario.

El bajo consumo tanto de procesado (mediante rutinas de *deep sleep* en el microcontrolador), como de transmisión resulta en una autonomía de los dispositivos de varios meses utilizando baterías comerciales (siendo además fácilmente sustituibles por personal no técnico).

Se ha diseñado un experimento para evaluar la sensibilidad de distintos sensores de humedad de suelo con el fin de instalar el de mejor relación calidad/precio para la aplicación. Como complemento final a la red de sensores, se está desarrollando un sensor automático de monitorización automática de plagas, que permite una alerta temprana y por lo tanto el uso eficiente de fitosanitarios.