

Monitorización de recursos energéticos vía LoRa

Benjamín Muñoz · Mauro Brotons

Ingeniería electrónica industrial y automática, 3º

bemuma@floridauniversitaria.es · mabrga@floridauniversitaria.es

Resumen.

Este proyecto se centra en diseñar una estación portátil y modular, de fácil montaje, para realizar estudios previos en entornos rurales donde se vayan a instalar generadores de energías renovables. Al colocar varias estaciones en una zona, se podrá determinar cuál es la más adecuada para la instalación. Además, se usará la tecnología de radiofrecuencia “LoRa” para enviar datos de la estación portátil a un nodo central. Este último estará conectado a internet.

Palabras clave: *Diseño PCB, Radiofrecuencia, LoRa, Monitorización ambiental.*

1. Introducción

El estudio previo del entorno es esencial para la instalación de tecnologías de energías renovables, ya que permite identificar las condiciones óptimas para maximizar la eficiencia y rentabilidad de estas instalaciones. En el caso de la energía solar, se debe evaluar la cantidad de radiación solar que recibe una superficie. Para la energía eólica, es crucial entender el comportamiento general del viento en la zona. Por otro lado, la energía hidráulica requiere un análisis detallado de la fuerza del agua en un caudal determinado. Estos estudios permiten seleccionar los mejores sitios y optimizar el diseño de las instalaciones.

En este contexto, nuestro proyecto se centra en el desarrollo de una estación portátil y modular capaz de realizar estos estudios previos para las tres tecnologías mencionadas. La estación está diseñada para ser fácil de instalar y reubicar, permitiendo la evaluación de múltiples sitios antes de tomar una decisión final.

La innovación principal de nuestro proyecto radica en el uso de la tecnología LoRa (Long Range), que permite la transmisión de datos de forma inalámbrica a largas distancias con un bajo consumo de energía. Esto es particularmente útil para la monitorización en tiempo real y el almacenamiento de datos en la nube, lo que facilita el análisis y la toma de decisiones.

2. Metodología

El desarrollo del proyecto ha pasado por varias etapas. Durante el semestre pasado, se llevó a cabo toda la documentación teórica y se materializó un prototipo funcional en una placa de pruebas.

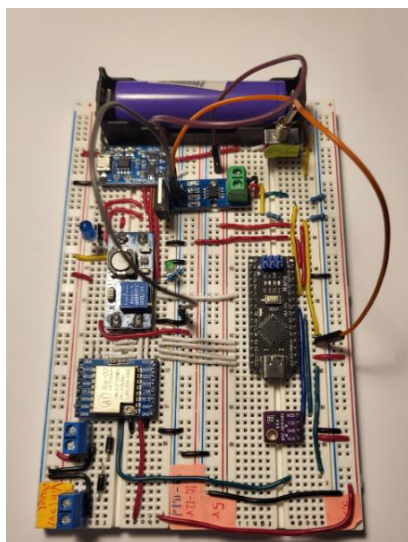


Figura 1 Primer prototipo

Durante este semestre, el enfoque se ha centrado en el diseño de una PCB (Printed Circuit Board) para el transmisor LoRa, lo cual representa una evolución significativa en términos de estabilidad y eficiencia del sistema.

2.1 Diseño de la PCB

Inicialmente, el diseño incluía un microcontrolador ATMEGA328p. Sin embargo, tras una evaluación más detallada, se decidió utilizar un ESP32 debido a sus ventajas técnicas. A continuación, se presenta una tabla comparativa que destaca las diferencias clave entre el ATMEGA328p y el ESP32.

Table 1 Comparativa entre microcontroladores.

Característica	ATMEGA328p	ESP32
Arquitectura	AVR de 8 bits	Xtensa LX6 de 32 bits
Velocidad de reloj	16 MHz	160 – 240 MHz
Memoria Flash	32 kB	16 MB
SRAM	2 KB	520 kB
Conectividad	Ninguna	Wi-Fi, Bluetooth

2.2 Diseño del circuito

Para el diseño se ha utilizado el software EasyEDA, una herramienta de diseño de esquemáticos y PCB que permite hacerlo de manera local o en línea. Dicho software incorpora una amplia gama de componentes, incluidas las huellas. Los pasos seguidos para la creación del esquemático fueron los siguientes:

1. Revisión de hojas de datos:

- Se revisaron todas las hojas de datos de los componentes clave para entender los requisitos y configuraciones recomendadas por el fabricante.
- Se identificaron los componentes con los que se suelen montar, como condensadores de acoplo, resistencias de Pull-Up/Pull-Down, y otros elementos necesarios para el correcto funcionamiento de cada componente principal.

2. Creación del esquemático:

- Se integraron todos los componentes en el esquemático.

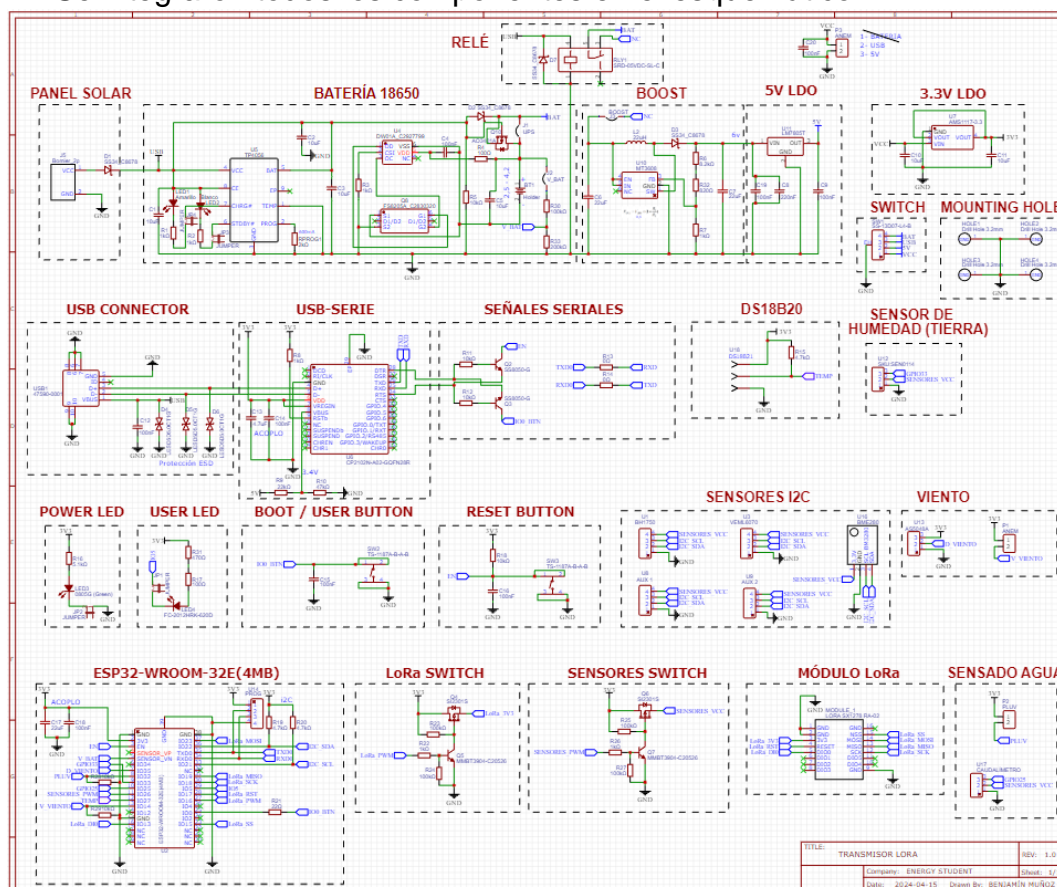


Figura 2 Esquemático Transmisor LoRa

3. Diseño de la PCB:

- Se importó el esquemático al editor de PCB de EasyEDA.
- Se distribuyeron los componentes en la placa de manera óptima.
- Se realizó el ruteo manual de las pistas hasta conseguir un diseño funcional y ordenado.

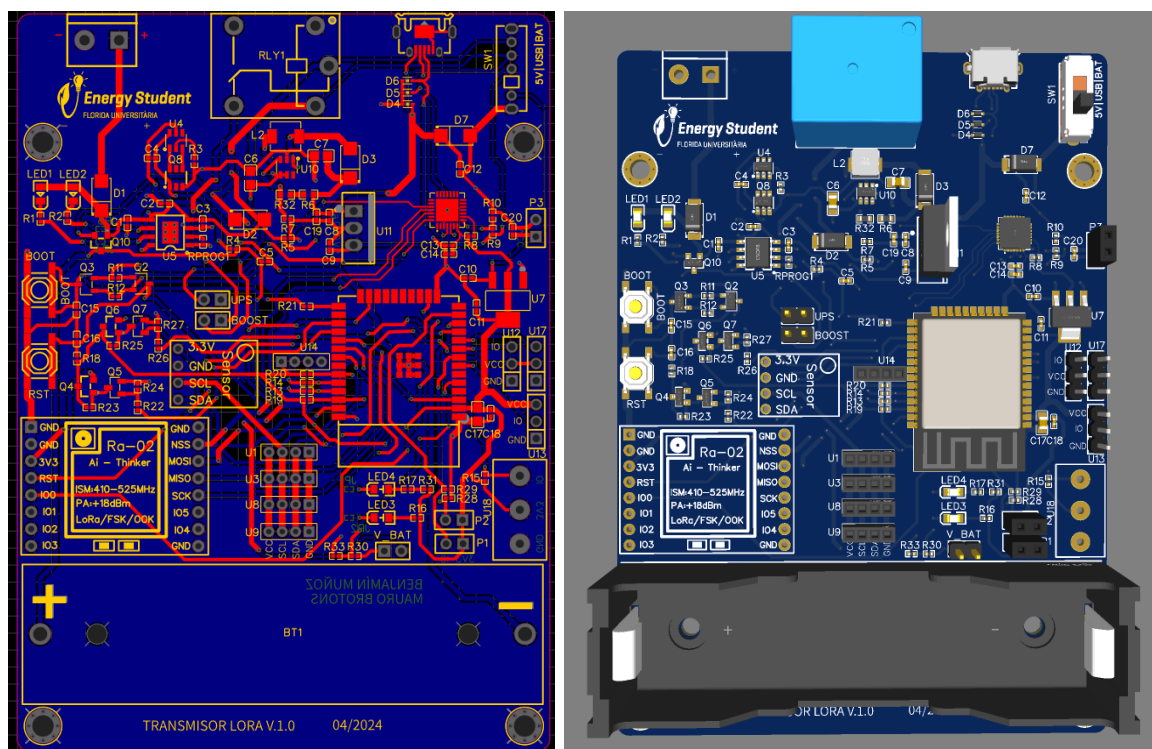


Figura 3 PCB Transmisor LoRa

Dicho ruteo se realizó 3 veces desde cero. Ya que de la primera a la tercera versión del esquemático hubo algunos componentes que sustituimos y otros que cambiamos.

Como se observa en la figura 3, que es la PCB final, hay un soporte para una batería de litio 18650. Dicha batería puede suministrar energía suficiente a todo el circuito. La duración de ésta varía en función de los dispositivos que haya conectados, la velocidad del reloj de la ESP32 y el número de transmisiones del módulo LoRa.

La segunda revisión de la PCB se puede observar en la figura 3. Como vemos, utilizaba un LDO con condensadores electrolíticos THT. Uno de los cambios fue sustituir el LDO por uno que admitiese condensadores cerámicos. Así se ahorraría espacio en la placa.

Otro cambio notable fue la distribución óptima de los condensadores de acoplo. Ya que en la versión de la figura 3 la idea era que los componentes siguieran un orden. Posteriormente, nos dimos cuenta de la importancia que tiene poner estos condensadores cerca del integrado.



Figura 4 Anterior versión de la PCB

2.3 Fabricación de la PCB

Una vez finalizado el diseño, se procedió con la fabricación de la PCB a través de JLCPC, un fabricante chino que justamente está relacionado con el software de EasyEDA.

Para la fabricación de una PCB solamente se necesita el archivo Gerber. Sin embargo, en nuestro pedido solicitamos que se ensamblaran todos los componentes SMD que tenía la placa. Para ello, hay que enviar también el archivo BOM y el pick&place.

2.4 Montaje de la PCB

Cuando llegó la PCB fabricada se procedió a medir la continuidad en los puntos clave y revisar que la polaridad de algunos componentes fuera la correcta. Una vez revisado todo, comenzamos soldando todos los componentes que faltaban, los cuales eran THT “Through-Hole Technology”. Finalmente, el resultado de la PCB fue el siguiente:

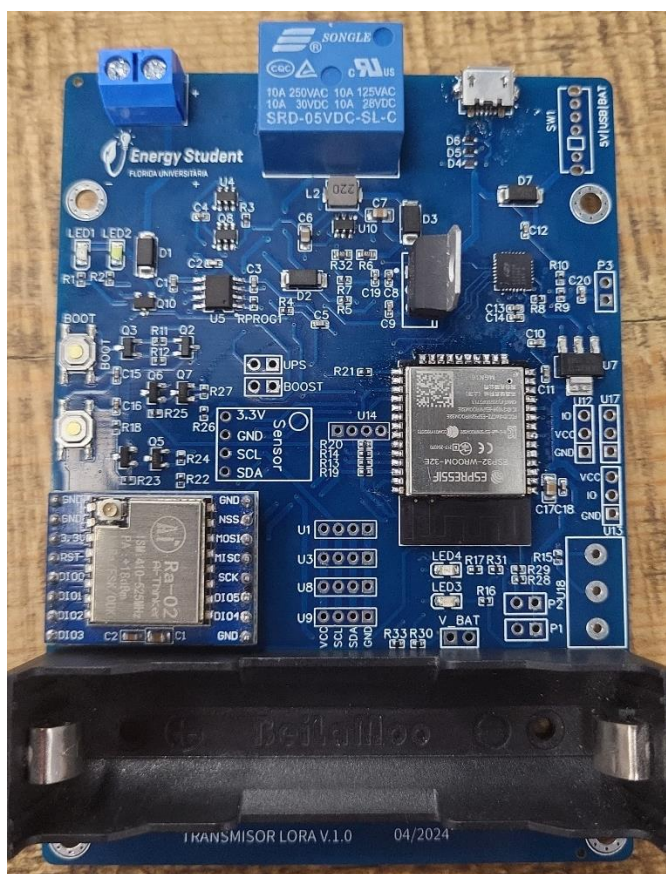


Figura 5 Montaje PCB

2.5 Programación de la placa

Como ya hemos comentado en el apartado uno, esta placa está diseñada para satisfacer una necesidad. En el momento que se estudia cómo cubrir dicha necesidad se empiezan a añadir los dispositivos externos necesarios, como por ejemplo los sensores. Es por ello que de momento solo se ha programado la comunicación unidireccional entre un transmisor y un receptor.

Para la medición de datos hemos añadido un sensor de humedad, temperatura y presión, el BME280. También hemos fabricado desde cero un anemómetro y una veleta del viento que funciona.

2.6 Pruebas de funcionamiento

Se realizaron pruebas para asegurar la transmisión de datos vía LoRa donde se verificó la estabilidad de la señal, el alcance y la configuración óptima de la señal. Los datos de todas estas pruebas se incluyeron en el documento que realizamos el semestre pasado [1].

3. Resultados y discusión

3.1 Resultados de la PCB

Tras varias semanas probando la PCB, detectamos 2 errores en el esquemático, el cual está relacionado con la alimentación del circuito. Sin embargo, como habíamos previsto que pudiese haber algún error, se diseñó la PCB con “jumpers”. Esto nos aseguraba tener otras vías de alimentación externa a la placa.

3.2 Mejoras con respecto a la 1ª versión

En el proyecto original "Monitorización de Recursos Energéticos vía LoRa", se diseñó una estación para estudiar la ubicación óptima de tecnologías renovables mediante la transmisión de datos meteorológicos usando LoRa. Sin embargo, se identificaron desafíos en el uso de radiofrecuencia, la autonomía energética y la precisión de sensores. En el nuevo proyecto, se han mejorado estos aspectos con antenas de mayor ganancia y otro tipo de sensores.

3.3 Limitaciones

En entornos urbanos densos, la presencia de obstáculos y otras fuentes de interferencia pueden afectar el rendimiento de la transmisión LoRa. Se debe considerar el uso de repetidores o nodos adicionales para asegurar una cobertura completa.

3.4 Desafíos y soluciones

Algunos de los desafíos que encontramos a medida que fue avanzando el proyecto han sido:

-Alcance de señal: Para medir el alcance se hace uso del RSSI, que es la potencia con la que se recibe la señal. A medida que te alejas del transmisor los dBm bajan hasta que se pierde la señal. Según la hoja de datos del módulo sx1278 LoRa [2], tiene una sensibilidad de -120 dBm. Lo máximo que conseguimos fue de -93,15 dBm, configurándolo con un SF de 12 y un ancho de banda de 500 kHz. Si en vez de 3V3 lo alimentáramos a 5V, probablemente tendría más alcance.

- Autonomía Energética: Aunque el sistema utiliza energía solar, se identificaron desafíos en la autonomía de la batería en condiciones de baja radiación solar. Para solucionarlo se añadió un circuito compuesto de transistores donde se activa la lectura de los sensores cuando es preciso, reduciendo de esta manera el consumo de la batería.

3.5 Mejoras adoptadas

- Alcance de señal: Mejorada con antenas de mayor ganancia.
- Autonomía Energética: Sistema de transistores para ahorro de batería.

Estas mejoras han permitido ampliar el alcance y conseguir mayor ahorro energético. La nueva PCB resultante es computacionalmente más potente, además de tener un radioenlace más robusto.

4. Conclusiones

Durante este proyecto, se ha investigado la monitorización y transmisión de datos vía LoRa. Se llevó a cabo una metodología teórico-práctica dividida en varias partes, logrando los siguientes resultados:

- Desarrollar una PCB unificada con todos los componentes.
- Transmitir información vía LoRa entre dos dispositivos sin necesidad de cables.
- Adquirir los conocimientos necesarios para seguir mejorando este sistema.
- Mejorar los conocimientos en softwares como EasyEda y Arduino.

4.1 Resumen de logros

El proyecto "Monitorización de recursos energéticos vía LoRa" ha sido un éxito, alcanzando hitos significativos que validan tanto el enfoque como la ejecución del mismo.

Se diseñó y fabricó una PCB integrada que reemplaza el prototipo inicial en placa protoboard, mejorando la robustez y facilidad de implementación. Se logró una comunicación inalámbrica eficaz entre dispositivos mediante LoRa, permitiendo la transmisión de datos a larga distancia sin cables.

La PCB final admite hasta 11 sensores, ampliando la capacidad de monitorización en tiempo real. Los miembros del equipo adquirieron conocimientos avanzados en herramientas como EasyEDA y Arduino, así como en la implementación de sistemas de comunicación inalámbrica.

Además, se optimizó el sistema en términos de consumo energético y estabilidad de la transmisión, asegurando un rendimiento óptimo en diversas condiciones.

Estos logros reflejan el compromiso y capacidad técnica del equipo para desarrollar soluciones innovadoras en la monitorización de recursos energéticos.

4.2 Impacto y futuro

- Implementación de tecnologías complementarias: Explorar la integración de tecnologías complementarias, como la inteligencia artificial o el aprendizaje automático, para mejorar la capacidad de detección de fallos y optimizar el rendimiento del sistema en tiempo real.
- Investigación en casos de uso específicos: Realizar estudios y pruebas en entornos y aplicaciones específicas, como la agricultura de precisión, la monitorización ambiental o el seguimiento de activos, para identificar oportunidades de mejora y adaptar el sistema a las necesidades del mercado.
- Implementación de una interfaz interactiva: Desarrollar un panel de control intuitivo que permita a los usuarios monitorear y gestionar el sistema en tiempo real. Esto podría incluir visualizaciones de datos en tiempo real, estadísticas de rendimiento y controles para ajustar la configuración del sistema.
- Interacción bidireccional: Explorar la implementación a el sistema de una comunicación entre un maestro y varios esclavos. Para poder así abarcar una mayor área de trabajo y monitorización.
- Alertas y notificaciones: Implementar un sistema de alertas y notificaciones que avise a los usuarios sobre eventos importantes, como la pérdida de conexión, fallos en la transmisión o cambios en las condiciones del entorno. Las alertas podrían ser visuales, auditivas o enviarse a través de correo electrónico o mensajes SMS.

5. Referencias

[1] Muñoz, B., & Brotons, M. (2023). *Monitorización de recursos energéticos vía LoRa*. Inédito.

[2] AI-Thinker (n.d.). *SX1278 Datasheet*. Recuperado de <https://4donline.ihs.com/images/VipMasterIC/IC/SEMT/SEMT-S-A0014128031/SEMT-S-A0014128100-1.pdf?hkey=6D3A4C79FDBF58556ACFDE234799DDF0>