

Reporte técnico

CIEP EFMMP

by
WAC

15 de octubre de 2020

Índice

1. Introducción	2
2. Problema	3
2.1. Requisitos	3
3. Nodo	4
3.1. TTGO-TCall	5
3.2. Sensores	9
3.3. <i>Datalogger</i>	10
3.4. control de temperatura	10
3.5. Consumo energético	10
4. Comunicación	10
5. Pre-cámara	10
6. Consumo de datos	10
7. Consumo energético	10
8. Conclusión y trabajo futuro	10
9. Referencias	11
10. Anexos	12
10.1. Códigos	12

1. Introducción

Este documento es un reporte técnico del diseño y funcionamiento de un nodo sensor para monitorear material particulado para el proyecto CIEP EFMMP ¹

Principalmente los nodos consisten en estaciones fijas que cuentan con conjunto de sensores de bajo costo que permite medir el material particulado y posteriormente enviar los datos a un servidor por medio de una red celular ([GPRS/GSM](#)) con el fin de poder visualizar el estado de la calidad del aire de la zona medida.

En las siguientes secciones se abordan las principales aristas del problema presentado y posteriormente en las secciones [3](#) y [4](#), se entrega un análisis detallado de la solución propuesta y la metodología utilizada para abordarlo. Las secciones [5](#), [6](#) y [7](#) entregan información respecto a los datos recopilados a partir de las distintas pruebas a las que se han sometido los nodos. Finalmente la sección [8](#) entrega las principales conclusiones relativas a este proyecto.

¹Para más detalle respecto a el contexto en que se enmarca este proyecto refiérase al documento [Informe de proyecto](#)

2. Problema

2.1. Requisitos

1. Cada estación debe contar con un sensor de calidad de aire que permita medir el material particulado. Para este propósito utilizaremos el sensor PMS5003ST de la empresa Plantower.
2. Adicionalmente es recomendado poder leer variables de temperatura y humedad para correlacionar los datos adquiridos por otros sensores.
3. Los módulos deben contar con conectividad GSM para subir los datos. Los datos deben ser enviados a un servidor para ser posteriormente procesados. El protocolo para el envío de datos es un aspecto por definir pero se recomienda utilizar MQTT.
4. Es importante que los datos cuenten con la información del tiempo real asociada, por lo que el sistema debe incluir un módulo RTC.
5. Los módulos deben contar con la posibilidad de recibir datos desde el *host* para poder cambiar parámetros de configuración.
6. La tasa de envío de datos debe ser un parámetro configurable dependiendo de las condiciones de operación. Por defecto, la tasa de operación de envío de datos debe ser 2.7mHz (equivalente a una muestra por hora).
7. Los datos deben ser respaldados localmente en una memoria externa tipo micro SD.
8. Las estaciones reciben alimentación directa desde la red.
9. Deben contar con reguladores internos para los distintos componentes electrónicos. Se recomienda utilizar un transformador comercial de 220[V] AC a 12[V] DC 3[A] (aproximadamente 36W o superior) para poder *sobreestimar* los consumos.
10. La variación de temperatura ambiente deben considerar un rango de $T_{amb} = (15,45)$
11. La variación de humedad ambiente deben considerar un rango de $h_{amb} = (0,100)$
12. El diseño del receptáculo mecánico para contener el sistema debe ser resistente a las condiciones climáticas de la zona.
13. Debido a las altas concentraciones de humedad del ambiente, el sistema debe contar con algún método de asilación para evitar dañar la electrónica.
14. Los sensores utilizados para medir las partículas en suspensión son sensible a la humedad. Es por esto que es necesario contar con una **pre-cámara** de acondicionamiento de muestras con el fin de reducir la humedad en el aire que entra al sensor.
15. Esta pre-cámara debe contar con lazos de control de temperatura, por lo que el sistema debe implementar la electrónica necesaria para este control.
16. El sensor de partículas en suspensión (en particular los componentes ópticos), debe ser protegido de las bajas temperatura para evitar que se condense agua en su superficie

3. Nodo

La estructura central del nodo consiste en un microcontrolador, un sensor de partículas en suspensión, midiendo de forma continua, y el módulo que implementa la comunicación GSM/GPRS. A esto se le agrega la electrónica necesaria para suministrar energía a los distintos módulos. Por ultimo se consideran los sensores de temperatura y humedad, y los componentes para poder controlar la cámara de acondicionamiento de muestras. La figura 1 presenta un diagrama general de la solución propuesta.

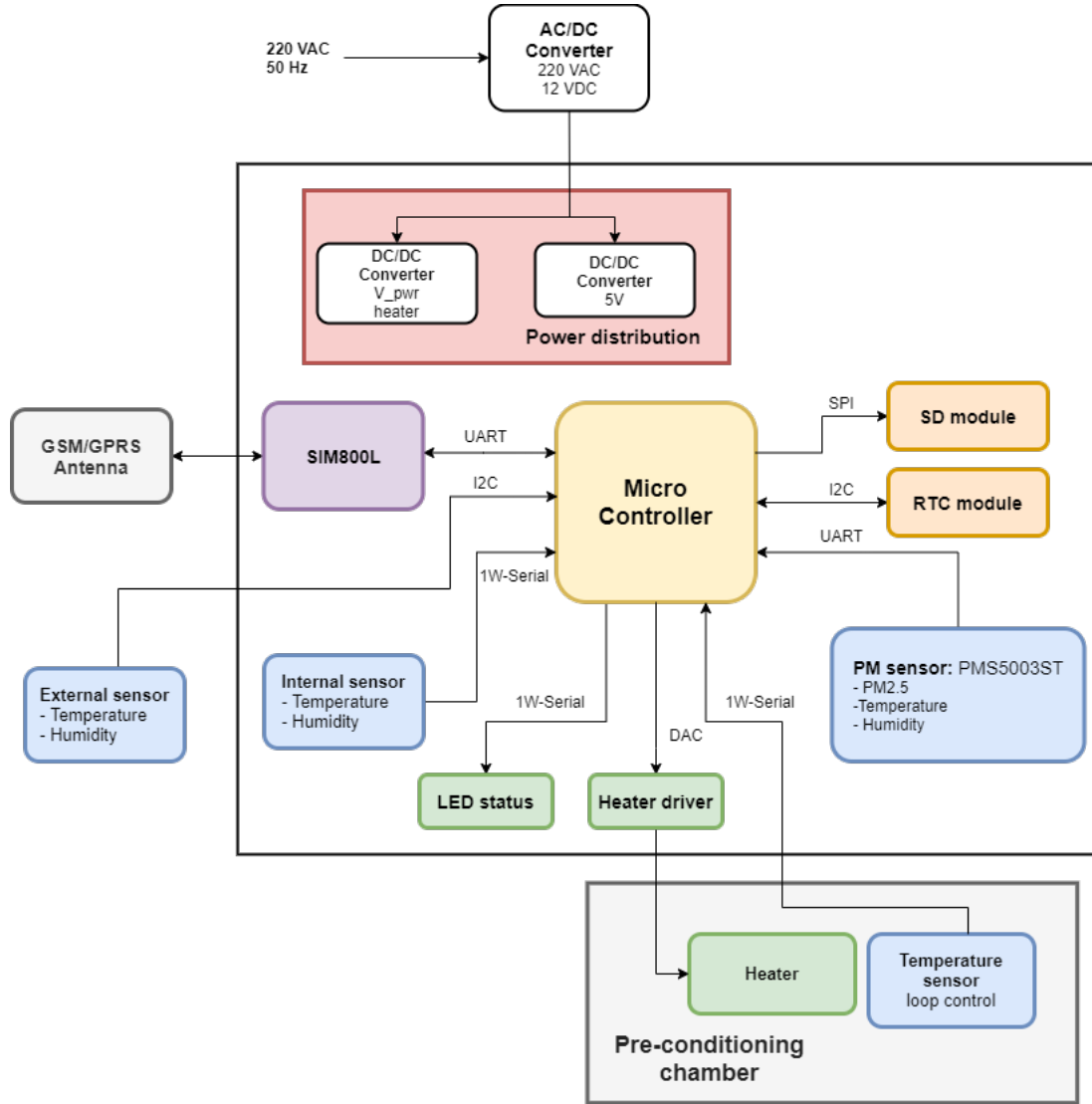


Figura 1: Diagrama esquemático general de la solución propuesta.

Para medir las partículas en suspensión, el sistema utiliza el sensor PMS5003ST (sección 3.2). Los datos son almacenados en una tarjeta SD (sección 3.3) y de forma paralela serán enviados a un servidor (sección 4). Para implementar la conexión a la nube se utilizará la tarjeta de desarrollo

TTGO T-CALL (sección 3.1). Adicionalmente se agregan 3 sensores para poder medir las variables de humedad o temperatura (sección 3.2).

Sensor	Tipo de sensor	Modelo	Variables medidas	Comentario
1	Partículas en suspensión	PMS5003ST	PM2.5, PM10, PM1, Temperatura, Humedad, Formaldehído	Medir partículas en suspensión. Medir temperatura y humedad de la muestra
2	Variables externas	SHT31	Temperatura, Humedad	Medir variables del exterior anteriores a la pre-cámara.
3	Variables internas	DHT22	Temperatura, Humedad	Sensor para medir las variables del ambiente al interior del nodo.
4	Temperatura	DS18B20	Temperatura	Sensor para el lazo de control de temperatura de la pre-cámara.

Cuadro 1: Sensores implementados por nodo y su principal características.

Un primer sensor, cumple la función de sensor externo implementado por medio del sensor SHT31. Este sensor permite medir temperatura y humedad del ambiente exterior, motivo del cual posee características adicionales de robustez. Un segundo sensor, cumple las funciones de sensor interno, permite medir temperatura y humedad al interior del nodo. Es implementado por un sensor DHT22. El tercer sensor, permite implementar un lazo de control para la temperatura de la pre-cámara. Este sensor es implementado por un sensor de temperatura DS18B20. Finalmente el sensor PMS posee integrado un sensor de humedad y temperatura, que permite entregarnos información de la temperatura y la humedad del flujo de aire muestreado.

El abastecimiento energético se implementará por medio de un transformador comercial que convierte de energía AC a DC (de 220V AC a 12V DC). Posteriormente, dos reguladores internos se encargan de convertir el voltaje de entrada (12V) en voltajes de alimentación para la lógica digital y sensores (5V), y el segundo regulador alimenta los heaters o posibles actuadores. Los dispositivos actuadores (que implican una conversión de energía) presentan un alto consumo para el nodo presentado. Junto con esto el módulo sim800 presenta altos peaks (aproximadamente 2.1A) de consumo al inicio y cuando transmite información. Es por esto, que ambos conversores deben ser estimados para poder suministrar al menos 3A. Adicionalmente el nodo contempla el uso de módulos RTC y lector de SD para cumplir con las funciones de datalogger local y un LED para informar al usuario condiciones de estatus del equipo.

3.1. TTGO-TCall

La base central del nodo es implementado por la tarjeta [TTGO T-CALL](#) de la empresa [LilyGo](#). Esta tarjeta cuenta con un microcontrolador [ESP32-WROOM](#) desarrollado por la empresa [Espressif](#), que posee la principal característica de contar con conectividad Wi-fi y Bluetooth integrada. La tarjeta cuenta con un módulo [sim800](#) desarrollado por la empresa [simcom](#), el cual implementa comunicación GSM por medio de una tarjeta SIM.

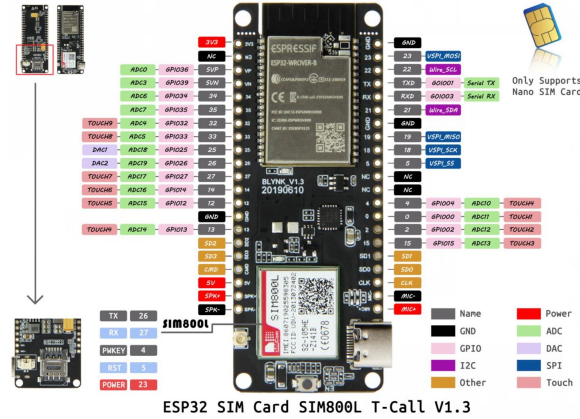


Figura 2: Pinout de la tarjeta T-Call. Imagen extraída desde el repositorio del proyecto.

En los aspectos energéticos esta tarjeta cuenta con un módulo para administrar la carga de una batería de LiPo-3.7V. Tiene disponibles salidas de 5V y 3.3V generados por medio de reguladores internos. Y necesita ser alimentada por medio de un cable USB C²

Otro punto importante a tener presente, es el elevado consumo que demanda la tarjeta principalmente debido al módulo SIM800. Este módulo presenta altos consumos de potencia al momento de transmitir y realizar operaciones de conexión. Estos consumos se traducen en una alta demanda de corriente, que bordean aproximadamente los 2A. Es por esto, que el módulo y la tarjeta necesitan contar con una fuente capaz de entregar dicha corriente para su correcto funcionamiento.



((a))



((b))

Figura 3: a) Conector tipo *pigtail* de UFL a SMA hembra, b) Antena GSM/GPRS

La tarjeta cuenta con un conector UFL para implementar la antena del modulo sim800. Es recomendado utilizar una antena compatible con las bandas GSM/GPRS. Con una ganancia similar a 5dBi aproximados. Tambien se recomienda utilizar un conector tipo *pigtail* para convertir del

²Lamentablemente, en el diseño no se consideró la posibilidad de administrar alimentación por en un formato diferente. Es decir, no existe un pin *V_{in}* como habitualmente se observa en tarjetas de desarrollo. En los siguientes hilos oficiales se entrega la información relevante relativa a este problema [link 1](#), [link 2](#), [link3](#).

formato **UFL** al formato **SMA hembra**, que comunmente es compatible con las antenas mencionadas. Las antenas comerciales de este tipo suelen contar con un conector tipo SMA macho.

Observación: Es de suma importancia para lograr el correcto funcionamiento de la tarjeta y sus módulos, contar tanto con la correcta alimentación y la correcta antena para la comunicación. Recordando:

- Alimentación: (5V,2A)
- Antena: Optimizada para bandas de GSM/GPRS

Este es el [repositorio](#) oficial de la tarjeta. Es necesario tener presente que la documentación respecto a los distintos aspectos de esta tarjeta de desarrollo no se encuentran condensados en un único documento. Sin embargo, el material entregado en el repositorio en conjunto con los hilos de discusión de los canales oficiales presentan un excelente punto de partida para trabajar con ella y resolver dudas.

Una de las principales ventajas de esta tarjeta y en particular del microcontrolador utilizado, es que posee un *framework* compatible con el del proyecto Arduino. Lo que nos permite utilizar el IDE, gran parte de las bibliotecas y desde luego, el soporte de la inmensa comunidad de desarrolladores. Para este proyecto utilizaremos la plataforma

Como se aprecia en la figura 2 la tarjeta cuenta con un total de 42 pines disponibles de los cuales 24 representan pines GPIO digitales útiles para el proyecto. De estos, la tarjeta utiliza 7 pines para controlar los módulos SIM800 y el módulo para administrar la carga de la batería.

Pin	Nombre de la señal	Función	Comentario
4	MODEM_PWRKEY	habilita la alimentación del módulo SIM800	Módulo SIM800
5	MODEM_RST	Reset para el módulo SIM800	Módulo SIM800
12	PMS_RX	Señal Tx del sensor PMS5003	Sensor PMS5003
13	LED_PIN	onboard LED	LED de status
14	PMS_TX	Señal Rx del sensor PMS5003	Sensor PMS5003
15	RGB_PIN	Control del LED RGB	LED RGB
18	PT100_SENSOR_PIN	Comunicación serial	Sensor 4
19	DHT_SENSOR_PIN	Comunicación serial	Sensor 3
21	MODEM_SDA	Señal SDA, I2C módulo SIM800	Módulo SIM800
22	MODEM_SCL	Señal SCL, I2C módulo SIM800	Módulo SIM800
25	HETER_PIN	Control analógico del <i>heater</i>	<i>Heater</i>
26	MODEM_RX	Señal TX UART del módulo SIM800	<i>Heater</i>
27	MODEM_TX	Señal TX UART del módulo SIM800	<i>Heater</i>
32	MOSI_PIN	Señal MOSI SPI	
33	CS_PIN	Señal CS SPI	
34	SCL_PIN	Señal SCL SPI	

Cuadro 2: Tabla de distribución de recursos de pines digitales para el nodo.

Las figuras 5 y 4 nos muestra los componentes de la figura 1 implementados en los dispositivos comerciales antes mencionados. Para proceder al correcto ensamblaje de los componentes se han

desarrollado un par de tarjetas con conectores. De esta forma es posible probar los componentes de forma aislada.

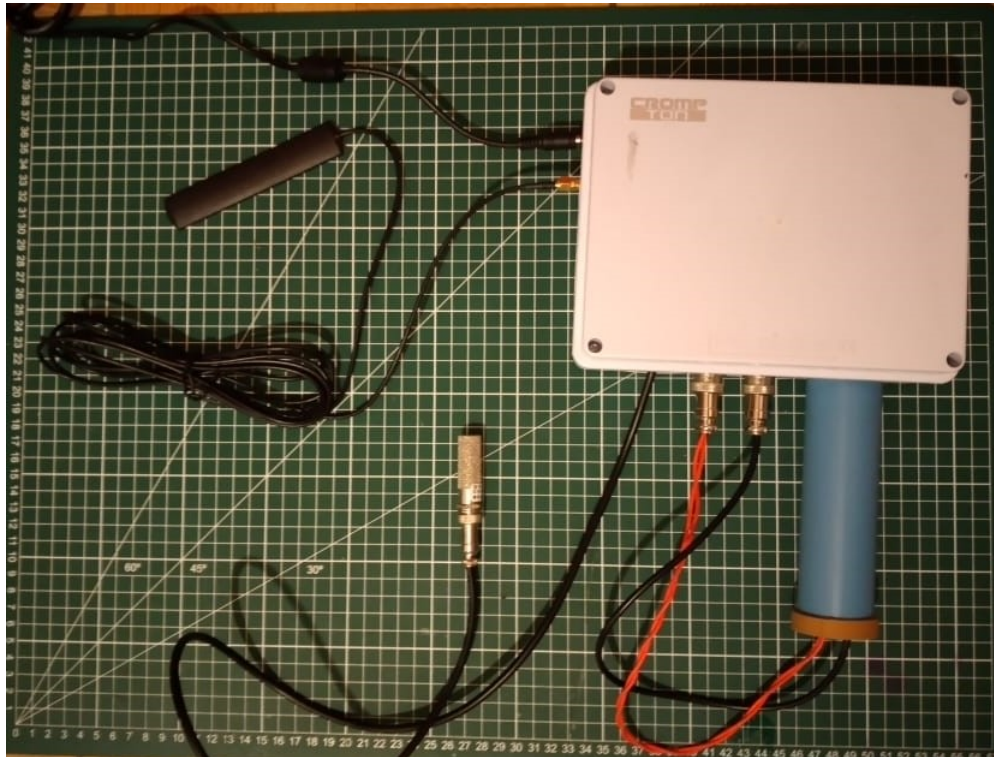


Figura 4: Implementación del nodo estación.

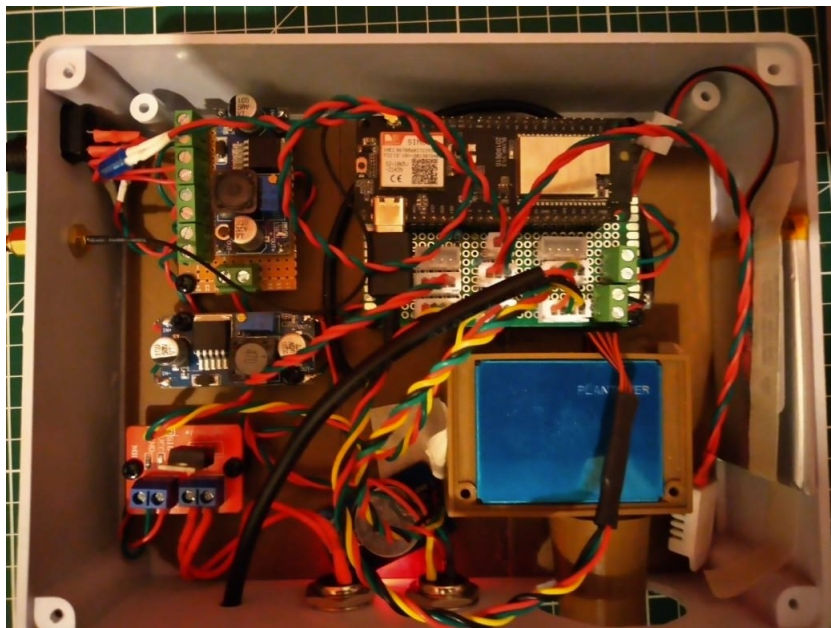


Figura 5: Implementación de nodo estación vista interna-

3.2. Sensores

A continuación se da una descripción detallada de cada sensor utilizado, su método de adquisición de datos y sus principales consideraciones para su funcionamiento.

Sensor PMS5003ST

La familia de los sensores PMS5003 es desarrollada por la empresa [Plantower](#), implementan la lectura de partículas en suspensión a través de un detector óptico. Cuentan con un pequeño ventilador, el cual, genera un flujo de aire forzado que circula por el detector.

Posee un protocolo de comunicación serial UART con una tasa de transmisión fija de 9600 baudios. Posee voltajes de comunicación de 3.3V pero debido a que necesita utilizar gran parte de la energía para accionar el ventilador, el voltaje de alimentación es de 5V.

Sensor SHT31

la función de sensor externo implementado por medio del sensor SHT31 de la empresa sensirion. Este sensor permite medir temperatura y humedad del ambiente exterior, entrega los datos por medio del protocolo serial I2C. Este sensor presenta características de precisión y robustez.

Sensor DHT22

Un segundo sensor, cumple las funciones de sensor interno, permite medir temperatura y humedad al interior del nodo. Es implementado por un sensor DHT22, envía los datos por medio de un protocolo serial. El tercer sensor, permite implementar un lazo de control para la temperatura de la pre-cámara.

Sensor DS18b20

Este sensor es implementado por un sensor de temperatura DS18b20, que utiliza el protocolo 1-wire. Finalmente el sensor PMS posee un sensor de humedad y temperatura integrado, que permite entregarnos información de la temperatura y la humedad del flujo de aire muestreado.

3.3. *Datalogger*

Adicionalmente el nodo contempla el uso de módulos RTC y lector de SD para cumplir con las funciones de datalogger local y un LED para informar al usuario condiciones de estatus del equipo.

3.4. control de temperatura

3.5. Consumo energético

4. Comunicación

5. Pre-cámara

6. Consumo de datos

7. Consumo energético

8. Conclusión y trabajo futuro

“I always thought something was fundamentally wrong with the universe” adams1995hitchhiker

Un aspecto importante a mejorar es la etapa de potencia de los nodos. En particular, se debe considerar:

- A partir de los datos recopilados respecto a los consumos energéticos, se debe estimar correctamente el tamaño y capacidad de la batería.
- Teniendo la batería seleccionada, se deben implementar los circuitos de carga de la batería.
- Es necesario cambiar los conversores DC/DC ajustables, por conversores específicos con el fin de reducir componentes eléctricos, reducir tamaño y optimizar consumos.

es considerar reguladores específicos para generar las potencias necesarias para los circuitos. Y teniendo en cuenta los resultados recopilados respecto a los consumos, estimar correctamente la batería considerando un circuito de repartición de carga

9. Referencias

Referencias

- [1] Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia. (2020). <https://ciep.cl>
- [2] Centro de Investigación en Tecnologías para la Sociedad. (2020). <https://ii.udd.cl/centroid/>
- [3] **GPRS** Wikipedia, la enciclopedia libre. https://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service
- [4] **GSM** Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://en.wikipedia.org/wiki/GSM>
- [5] **Digital universal particle concentration sensor** PMS5003ST serie data manual. product data manual of PLANTOWER (2016). <http://www.plantower.com/en/content/?108.html>
- [6] **TTGo-Tcall board module** Shenzhen Xin Yuan Electronic Technology Co., Ltd (2016). http://www.lilygo.cn/prod_view.aspx?TypeId=50033&Id=1127
- [7] **LilyGo web site** Shenzhen Xin Yuan Electronic Technology Co., Ltd (2016). <http://www.lilygo.cn>
- [8] **ESP32-wroom module** Modules — Espressif Systems (2016). <https://www.espressif.com/en/products/modules>
- [9] **Espressif web site** Wi-Fi & Bluetooth MCUs and AIoT Solutions I Espressif Systems (2016). <https://www.espressif.com/>
- [10] **SIM800 module** SIM800 | SIMCom | smart machines, smart decision | simcom.ee (2016). <https://simcom.ee/modules/gsm-gprs/sim800/>
- [11] **simcom web site** SIMCom — smart machines, smart decision — simcom.ee (2016). <https://simcom.ee/?featured>
- [12] **TTGo-tcall github official repository** Xinyuan-LilyGO/LilyGo-T-Call-SIM800 (2016). <https://github.com/Xinyuan-LilyGO/LilyGo-T-Call-SIM800>
- [13] **Official channel of Issues for the TTGo repository** Issues - Xinyuan-LilyGO/LilyGo-T-Call-SIM800 (2016). <https://github.com/Xinyuan-LilyGO/LilyGo-T-Call-SIM800/issues>
- [14] **PlatformIO official website** A professional collaborative platform for embedded development · PlatformIO Issues - Xinyuan-LilyGO/LilyGo-T-Call-SIM800 (2016). <https://platformio.org/>
- [15] **PMS5003 datasheet-Pantower** Digital universal particle concentration sensor. <https://www.aqmd.gov/docs/default-source/aq-spec/resources-page/plantower-pms5003-manual-v2-3.pdf>
- [16] **PMS5003ST datasheet-Pantower** Digital universal particle concentration sensor. <https://www.aqmd.gov/docs/default-source/aq-spec/resources-page/plantower-pms5003-manual-v2-3.pdf>

- [17] **SHT3x official web site** SHT3x (RH/T) - Digital Humidity Sensor — Sensirion. <https://github.com/Xinyuan-LilyGO/LilyGo-T-Call-SIM800/issues>
- [18] **DHT/AM2302 sensor datasheet** Digital-output relative humidity temperature sensor/-module DHT22. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [19] **DS18B20 datasheet** Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer.. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [20] **XL6009 datasheet** 400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter. <https://www.openimpulse.com/blog/wp-content/uploads/wpsc/downloadables/XL6009-DC-DC-Converter-Datasheet.pdf>
- [21] **LM2569 datasheet** LM2596 SIMPLE SWITCHER Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator. https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf?ts=1602766029620&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

10. Anexos

10.1. Códigos

Repositorio del proyecto: https://github.com/NoelGaspar/CIEP_EFMMP.git