



Title: Development of low-cost, low-power systems for air quality and meteorology measurements

Authors: QUIÑONEZ-RODRÍGUEZ, Álvaro Humberto, SOSA-TINOCO, Ian Mateo, RUIZ-IBARRA, Erica Cecilia and ROBLES-MORUA, Agustín

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2022-01
BCIERMMI Classification (2022): 261022-0001

Pages: 15
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Metodología

Resultados

Anexos

Conclusiones

Referencias

Agradecimientos

Introducción

- En México el monitoreo atmosférico inicia en el año 1950, sin embargo en 1966 se incorporan 14 estaciones manuales para el monitoreo de humo, partículas y dióxido de azufre.
- Es hasta la década de los 70 cuando se incorpora una red manual compuesta de 22 estaciones distribuidas en varias ciudades de la república (Apud. Martínez & Romieu, 1997).

Introducción

La presencia de contaminantes como $PM_{2.5}$ y PM_{10} , O_3 y PST se relacionan a enfermedades respiratorias como asma, infecciones o neumonías, a enfermedades cardiovasculares y a un aumento de la mortalidad sobre todo en zonas urbanas (Sánchez & Caraballo, 2015; Montaña et al., 2016).



Figura 1. Material Particulado.

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

Introducción

En el estado de Sonora (Cruz Campas et al., 2017), encontró una relación moderada a fuerte de la presencia de cobre con infecciones respiratorias agudas (IRAS) en las ciudades de Hermosillo y Obregón, en Guaymas las neumonías-bronconeumonías se atribuyen a la presencia de níquel.



Figura 2. Calidad del aire en la ciudad de Hermosillo.

Fuente: El Sol de Hermosillo.

Metodología

En el presente trabajo se propone el diseño de una estación meteorológica y de calidad del aire empleando componentes de bajo costo económico y de bajo consumo energético. El procedimiento seguido para ello se muestra en la Figura 3.

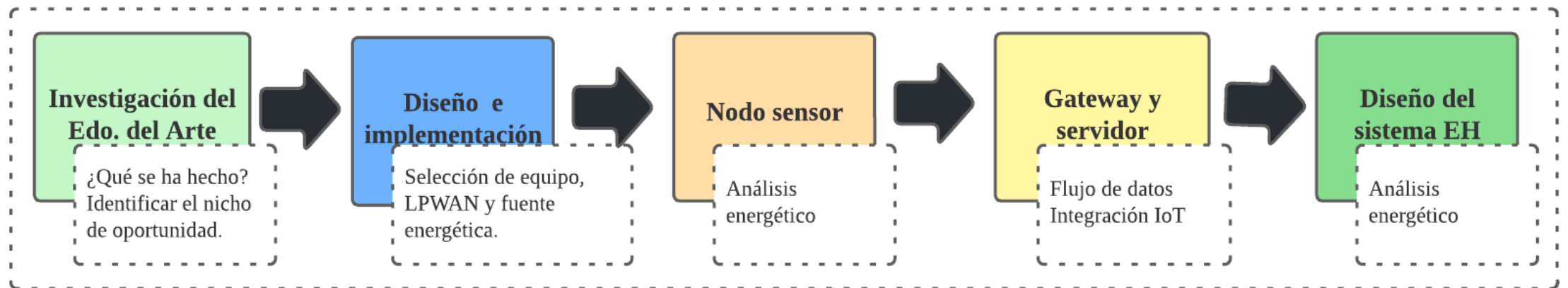


Figura 3. Diagrama a bloques del método seguido.
Fuente: Autoría propia.

Estado del Arte

	Parámetros	MCU	Protocolo	EHS
Abraham	O ₃ , CO, CO ₂ , TVOC's	Arduino	Xbee	No
Sampaio	CO ₂ , Co, Cl ₂	Waspote	Xbee	Si
Hossein	PM, T, HR, P	NA	Wi-Fi	No
Glass	CO, NO ₂ , PM	Murata	LoRa	Si
Babatunde	eCO ₂ , TVOC	MSP430	LoRa	Si
Gila	T, RH, PM.	ESP8266	Wi-Fi	Si

Tabla 1. Comparación sistemas.

Fuente : Desarrollada por los autores resumiendo los trabajos de (Abraham & Li, 2016; Sampaio et al., 2019; Hossein et al., 2020; Glass et al., 2020; Babatunde et al., 2020; Grijalva et al., 2022).

Metodología

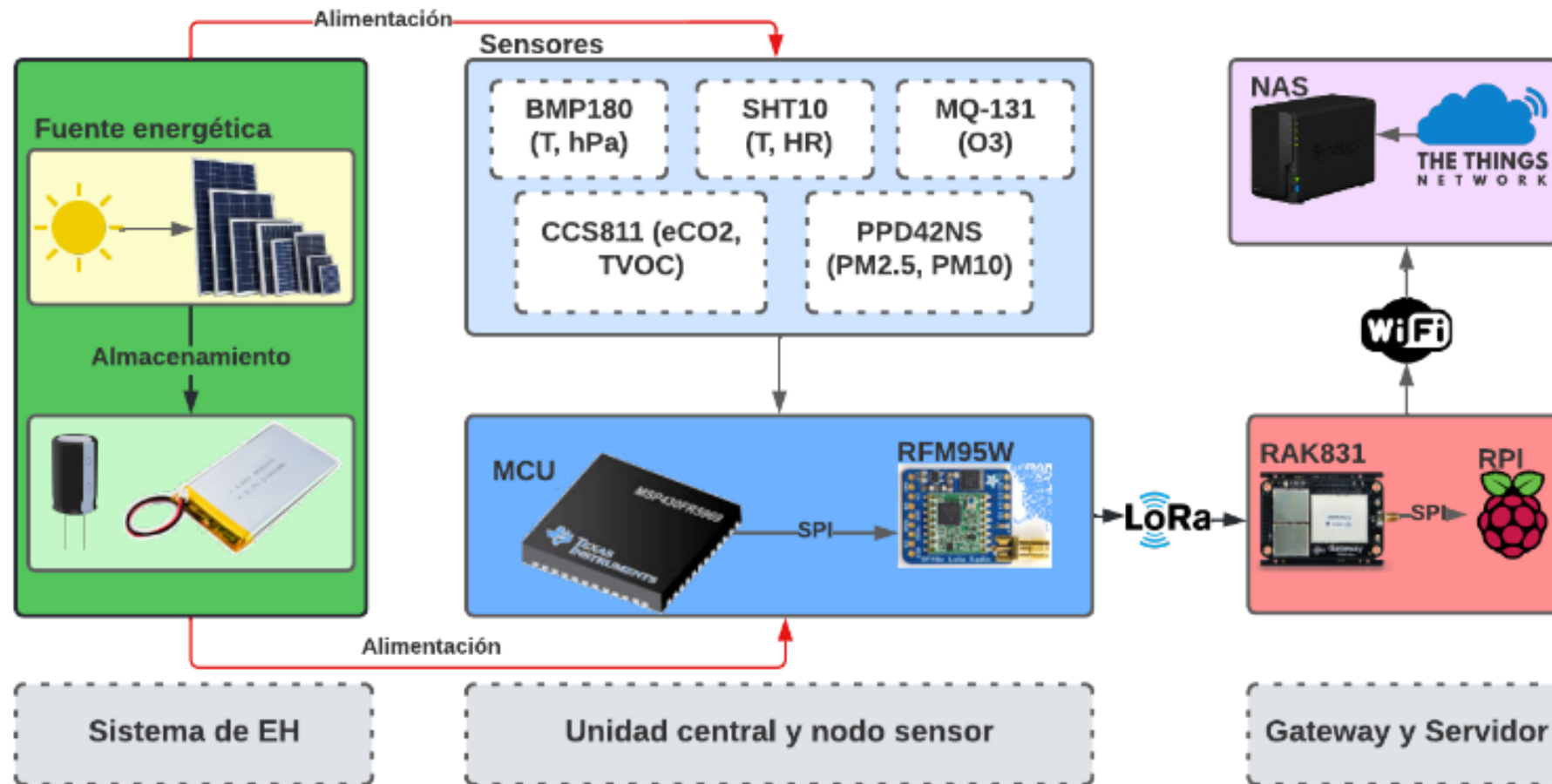


Figura 4. Diagrama a bloques del sistema.
Fuente: Autoría propia.

Resultados

Configuración del sistema

La métrica principal a tomar en cuenta fue el tiempo en que le toma al paquete ser recibido por el gateway, denominado tiempo sobre el aire (ToA). Para ello se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$T_{\text{ToA}} = T_{\text{preámbulo}} + T_{\text{payload}} \quad (1)$$

$$T_{\text{preámbulo}} = (n_{\text{preámbulo}} + 4.25)T_s \quad (2)$$

$$T_s = \frac{2^{\text{SF}}}{\text{BW}} \quad (3)$$

$$T_{\text{payload}} = n_{\text{payload}} \cdot T_s \quad (4)$$

$$\alpha = \left\lceil \frac{8\text{PL} - 4\text{SF} + 28 + 16\text{CRC} - 20\text{IH}}{4(\text{SF} - 2\text{DE})} \right\rceil \quad (5)$$

$$n_{\text{payload}} = 8 + \max(\alpha(\text{CR} + 4), 0) \quad (6)$$

Resultados

Configuración del sistema

En la Tabla 2 se muestran los distintos ToA para un payload de 16 bytes, a una frecuencia de 125kHz, una tasa de codificación (CR) de 1 y sin la presencia de un encabezado.

La elección del factor de dispersión (SF) no solo es importante porque que entre mayor sea, mayor será el consumo energético, si no también afectará en la cantidad posible de mensajes transmitidos por día. En este caso se podrían enviar desde 22 a 583 mensajes.

SF	ToA (ms)
7	51.456
8	92.672
9	164.864
10	329.728
11	659.456
12	1318.912

Tabla 2. Distintos ToA para un paquete de 16 bits a 125 kHz.
Fuente: Autoría propia.

Evaluación energética del nodo sensor

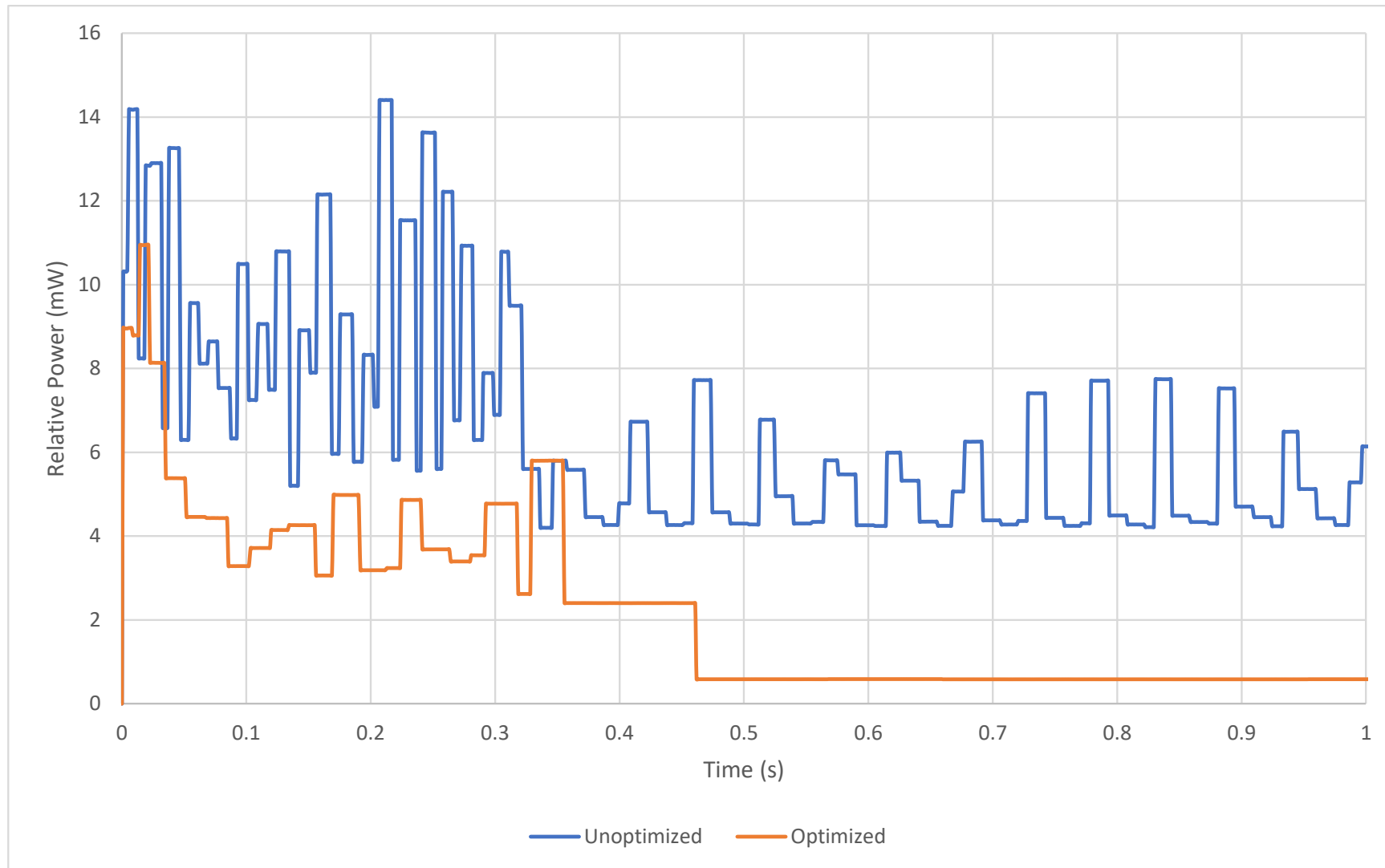


Gráfico 1. Comparación energética del sensor BMP180.
Fuente: Autoría propia.

Evaluación energética del nodo sensor

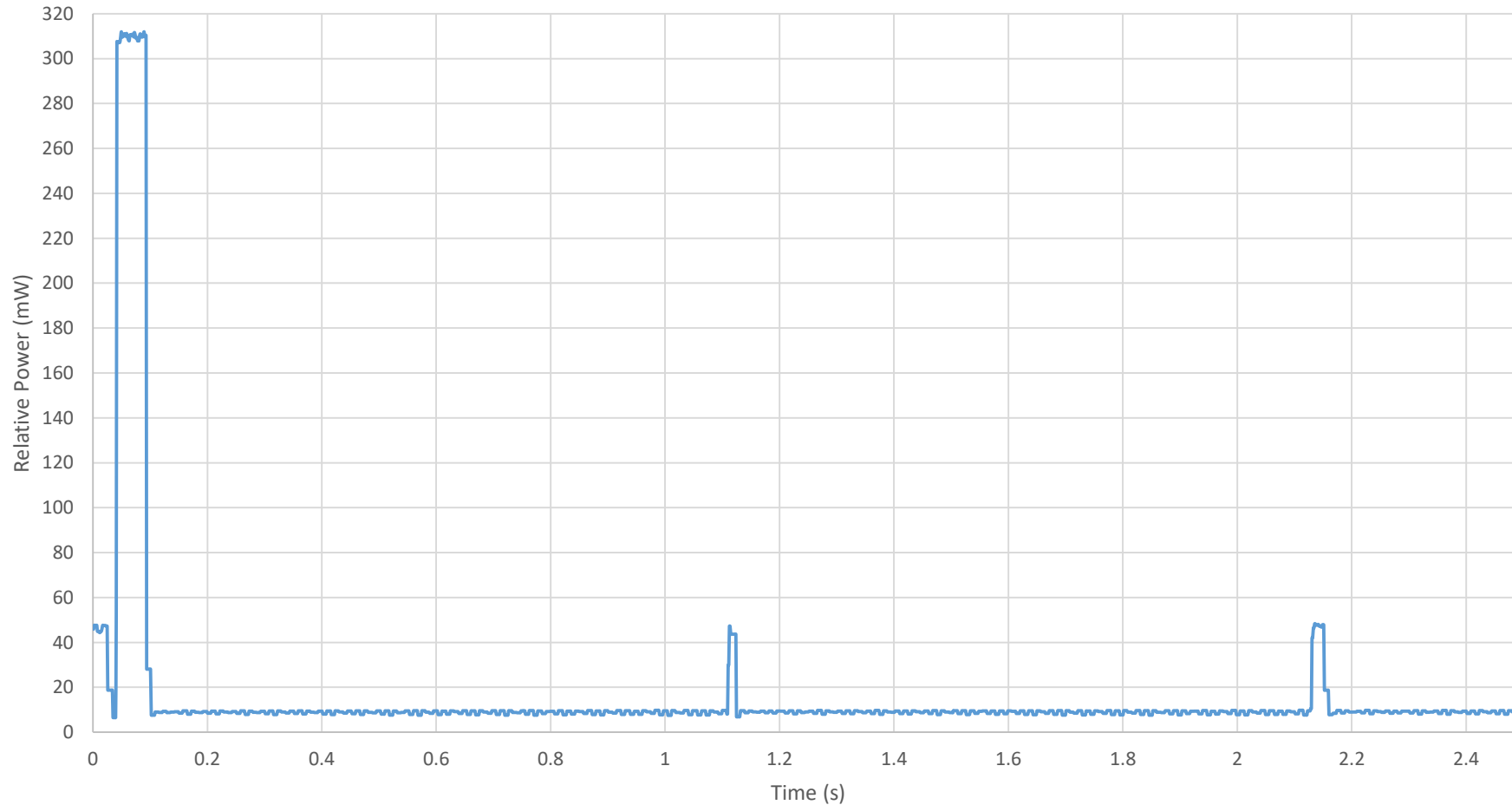


Gráfico 2. Consumo energético módulo LoRa.

Fuente: Autoría propia.

Evaluación energética del nodo sensor

Componente	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Tiempo (s)
BMP180	3.6	1.096	0.336
SHT10	3.6	0.5697	1.750
CCS811	3.6	17.2729	4.1
PPD42NS	5	90	1.448
MQ-131	3.6	72.2245	15
RFM95W	3.6	5.0016	2.17

Tabla 3. Consumo de componentes.
Fuente: Autoría propia.

$$E_T = V \sum_i^n I_i \cdot t_i \quad (7)$$

donde:

E_T = Energía total.

I = Consumo de corriente promedio.

V = Voltaje de la fuente.

t = Tiempo en activo.

n = Cantidad de elementos.

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$

$$\therefore \mathbf{E_T = 4.85 J (aprox. 195 mW)}$$

Mientras que la estación Gila consumo 17.63 J (aprox. mW).

Anexos

Componente	Función	Costo (mxn)
MSP430	Procesamiento	541.5
SHT10	T y HR.	979
BMP180	T y P.	26
CCS811	eCO ₂ y TVOC.	470
PPD42NS	PM _{2.5} y PM ₁₀ .	249
MQ-131	O ₃ .	780
RMF95W	LoRaWAN.	390.6
Total		3436.1

Tabla 4. Componentes del nodo sensor.

Fuente: Autoría propia.

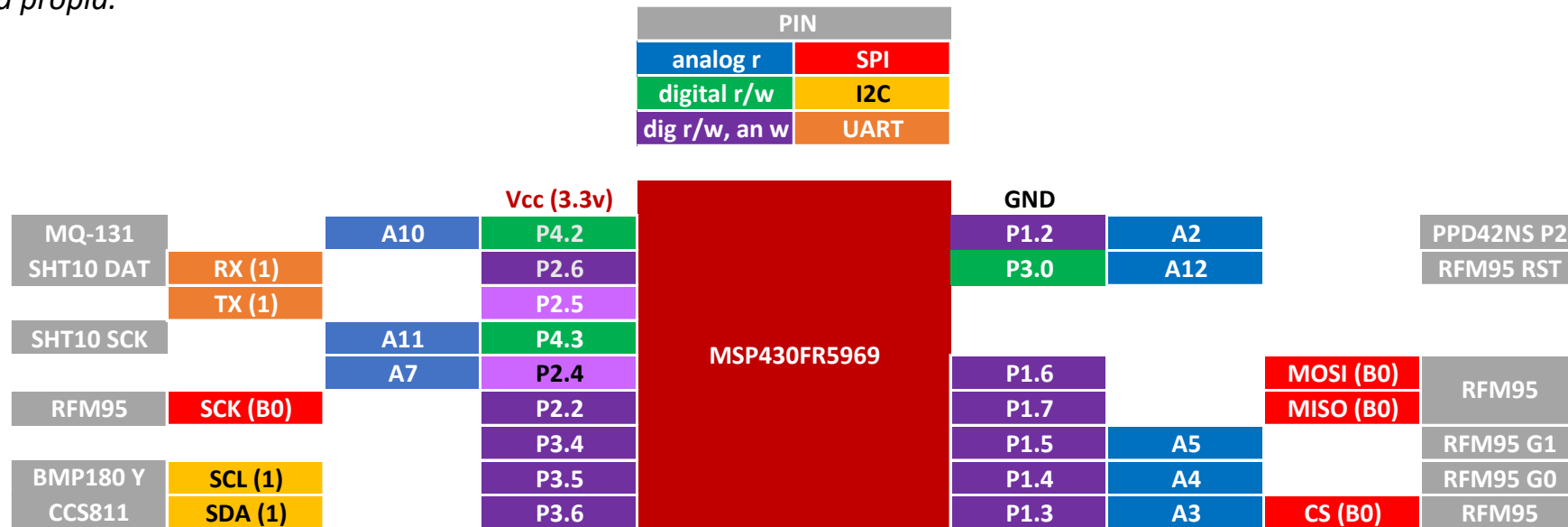


Figura 5. Diagrama de conexiones del nodo sensor.

Fuente: Autoría propia.

Conclusiones

- Este trabajo describe el proceso de diseño de una estación meteorológica y calidad del aire de bajo costo y bajo consumo energético, la cual a pesar de contar con una menor cantidad de variables registró un consumo energético 3.6 veces menor respecto a la estación Gila.
- Tanto las tecnologías de hardware como de software integradas en el sistema facilitan la creación y escalabilidad de una red formada por los nodos sensores diseñados.
- Como trabajo futuro se espera añadir nuevas variables meteorológicas así como implementar el sistema de recolección de energía.

Referencias

- Abraham, S., & Li, X. (2016). Design of A Low-Cost Wireless Indoor Air Quality Sensor Network System. *International Journal of Wireless Information Networks 2016 23:1*, 23(1), 57–65. <https://doi.org/10.1007/S10776-016-0299-Y> <https://link.springer.com/article/10.1007/s10776-016-0299-y> (Accessed 4 February 2022).
- Babatunde, S., Jain, N., & Powar, V. (2020). *Long Range Communication on Batteryless Devices*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2009.09487> <https://arxiv.org/abs/2009.09487v1> (Accessed 27 May 2022).
- Cruz Campas, M. E., Gómez Álvarez, A., Ramírez Leal, R., Villalba Villalba, A. G., Monge Amaya, O., Varela Salazar, J., Quiroz Castillo, J. M., & Duarte Tagles, H. F. (2017). CALIDAD DEL AIRE RESPECTO DE METALES (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr) Y RELACIÓN CON SALUD RESPIRATORIA: CASO SONORA, MÉXICO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(0), 23–34. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.ESP02.02> <https://www2.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.es.p02.02> (Accessed 4 April 2022)
- Glass, T., Ali, S., Parr, B., Potgieter, J., & Alam, F. (2020). IoT Enabled Low Cost Air Quality Sensor. *2020 IEEE Sensors Applications Symposium, SAS 2020 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/SAS48726.2020.9220079> <https://ieeexplore.ieee.org/document/9220079> (Accessed 26 January 2022)
- Sánchez, J., & Caraballo, L. (2015). Repercusión de la contaminación del aire en la aparición de asma. *Revista Alergia México*, 62(4), 287–301. <https://doi.org/10.29262/RAM.V62I4.96> <https://www.revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/96/256> (Accessed 4 April 2022)
- Grijalva-Delgado, Sosa-Tinoco, Robles-Morúa, & Méndez-Barroso, L. A. (2022). Development of a low-cost IoT meteorological station for environmental monitoring in urban arid environments based on ESP32. (Work in publication process).
- Hossein Motlagh, N., Arbayani Zaidan, M., Fung, P. L., Li, X., Matsumi, Y., Petaja, T., Kulmala, M., Tarkoma, S., & Hussein, T. (2020). Low-cost Air Quality Sensing Process: Validation by Indoor-Outdoor Measurements. *Proceedings of the 15th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2020*, 223–228. <https://doi.org/10.1109/ICIEA48937.2020.9248348> <https://ieeexplore.ieee.org/document/99248348> (Accessed 4 February 2022)
- Martínez, A. P., & Romieu, I. (1997). *Introducción al monitoreo atmosférico* (Metepec, Ed.). Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. (Book consulted on 5 April 2022)
- Montaña, F., Chávez, G., & Gallardo, P. (2016). *PM 10 y O 3 como factores de riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y neumonía en la*. 20(1). <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/27> (Accessed 4 April 2022).
- Sampaio, H. V., de Jesus, A. L. C., do Nascimento Boing, R., & Westphall, C. B. (2019). Autonomic IoT Battery Management with Fog Computing. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11484 LNCS, 89–103. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19223-5_7 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-19223-5_7 (Accessed 18 October 2021)



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)