

*Research Paper***Caso de Uso para medir la Calidad del Aire usando NB IoT****Use Case to measure Air Quality using NB IoT***Submitted in 02, May 2022**Accepted 27, September 2022**Evaluated by a double-blind review system***MARTHA ELISA CUASQUER MORA¹****GONZALO MEDINA ORDOÑEZ^{2*}****RESUMEN**

Objetivo: En la actualidad es posible apreciar distintas aplicaciones que se orientan hacia la medición de la calidad del aire y que se han implementado en torno al tema de realizar un diagnóstico de la calidad del Aire con el fin de desarrollar prototipos meteorológicos IoT que permitan la generación del bienestar ambiental de la comunidad.

Metodología: Para el caso particular de este paper en especial se ha elegido la implementación en la región de Medellín y Cundinamarca porque son cascos urbanos donde se puede observar una contaminación del aire alta y donde se hace necesario hacer una intervención para proteger el medio ambiente y la comunidad en general y además con la solución a este caso de estudio se busca pertenecer a redes de IoT que se dediquen a esta tarea de proteger la calidad del aire a nivel mundial tales como IQAir.

Resultados: Los resultados obtenidos con la realización de este paper se reflejan en la comprensión del funcionamiento de IoT y en especial para entender que la cobertura para Colombia es limitada y al viajar para realizar la exploración en Medellín e indagar se encontró que solo redes sofisticadas como la red Alemana de Calidad del Aire IQAir poseía este tipo de acceso y además que era necesario no solo ser científico para acceder a este tipo de tecnología sino también empresario porque es un servicio de telecomunicaciones remoto de tipo dedicado y costoso por lo cual se puede usar para la obtención de distintos emprendimientos en Automatización y Telecomunicaciones.

Originalidad: Este paper ha sido inédito debido a que es el resultado de un proceso de investigación que lleva alrededor de tres años y que donde la totalidad de su contenido no se ha publicado en ningún medio escrito en físico o digital.

Palabras clave: Aire, Ancha, Banda, Calidad, Electrónicos, IoT, Redes, 4G/5G, IQAir.

ABSTRACT

Purpose: Currently it is possible to see different applications that are oriented towards the measurement of air quality and that have been implemented around the issue of performing a diagnosis of Air quality in order to develop IoT meteorological prototypes that allow the generation of the environmental welfare of the community.

Methodology: For the particular case of this paper, the implementation in the Medellín and Cundinamarca region has been chosen in particular because they are urban centers

^{1*} Corresponding author. Fundación Universitaria de Compensar, Colombia. E-mail: mguasquer@ucompensar.edu.co

² Fundación Universitaria de Compensar, Colombia. E-mail: gonzalo.medina@unad.edu.co

where high air pollution can be observed and where it is necessary to carry out an intervention to protect the environment and the community. In general, and also with the solution to this case study, it seeks to belong to IoT networks that are dedicated to this task of protecting air quality worldwide, such as IQAir.

Findings: The results obtained with the realization of this paper are reflected in the understanding of the operation of IoT and especially to understand that the coverage for Colombia is limited and when traveling to carry out the exploration in Medellín and investigate it was found that only sophisticated networks such as the network German Air Quality IQAir had this type of access and also that it was necessary not only to be a scientist to access this type of technology but also an entrepreneur because it is a remote telecommunications service of a dedicated and expensive type, which is why it can be used for Obtaining different ventures in Automation and Telecommunications.

Originality: This paper has been unpublished because it is the result of a research process that takes around three years and where all of its content has not been published in any physical or digital written medium.

Keywords: Air, Broadband, Band, Quality, Electronics, IoT, Networks, 4G/5G, IQAir.

1. Introducción

El principal problema de salud según Becerra et al. (2021), a nivel mundial de acuerdo con la OMS es la contaminación atmosférica y que repercute de forma desfavorable por el ausentismo laboral como también recursos por consultas y atención hospitalaria lo que se ha establecido y justificado por distintos estudios en especial lo que se vincula con países altamente industriales, donde la calidad del aire ha pasado a un segundo plano.

Con el presente proyecto de investigación se busca encontrar las distintas tecnologías que se han generado a nivel mundial y que han permitido la generación de patentes de invención de forma tal que han logrado impactar a distintas comunidades y en este orden se habla no solamente de las comunidades que tienen dinero sino de aquellas que están siendo mayormente afectadas por la ola de la industrialización; donde, si bien es cierto en Telecomunicaciones no es un tema que sea relevante dada su orientación ambiental, es necesario continuar con los procesos de crecimiento industrial y en especial de transmisión de la información usando Internet de las Cosas IoT que ocupa un tema central para esta investigación y por lo tanto es importante revisar la definición del término.

Entre las nuevas tecnologías de telecomunicaciones se tiene IoT que según Castro et al. (2017), es un concepto de redes interconectadas que se compone de cualquier objeto que puede estar embebido en el ambiente para la medición de las variables que se requieran y se pueda enviar la información a través del Internet de las distintas localizaciones en donde el objeto se pueda encontrar.

Otro concepto importante es el de la calidad del aire que se relaciona con este proyecto de forma directa que se define de acuerdo con Querol et al. (2009), como un indicador o factor medioambiental que permite la satisfacción de las demandas sanitarias en especial la contaminación atmosférica y los efectos adversos entre las décadas de 1960 a 1970, donde se ha llevado a reducir de forma creciente las emisiones urbanas, para centrarse en la focalización del interés social del cambio climático más que la calidad del aire. De esta forma se puede apreciar que entre los contaminantes atmosféricos más importantes se encuentran las partículas como el dióxido de nitrógeno y el ozono troposférico y se tiene

el caso que los valores límite de partículas en suspensión de acuerdo con la directiva 2008/50/CE se superan en zonas urbanas donde existía la mayor parte de la población.

2. Marco teórico

2.1. Calidad del aire

Como se puede observar en Casazza et al. (2019), se considera que tiene la relevancia tener un monitoreo de la calidad del aire de tal forma que se pueda planear y administrar el monitoreo 3D en el contexto operacional y técnico como componente estratégico para el futuro de las áreas y con relación a la planeación de la trama propuesta incluyendo la definición del monitoreo de la red, teniendo en cuenta que el monitoreo no es plano puesto que de forma usual se incluye una versión vertical pero también incluye el uso de modelos que requieren la representación con el uso de Sistemas de Información Geográfica GIS. De forma especial sin la exposición a los a los tóxicos incluidos en la atmósfera esto se ha distribuido en tres dimensiones. Por lo tanto, es posible afirmar que en el futuro de la investigación la actividad de monitoreo mitiga los impactos adversos para emisiones mientras se preserva los valores económicos y sociales lo que se constituye en un importante soporte para integrar la calidad del aire en una planeación sostenible.

Otro factor importante según Grantz et al. (2003) que interviene en la contaminación atmosférica es el material particulado PM que se encuentra regulado por efectos de PM en la salud humana, segundo por efectos de la visibilidad y en tercer lugar por efectos de la función que administra los ecosistemas naturales, para mantener el impacto del material particulado se debe proveer las consecuencias de la reducida biodiversidad y de las pérdidas de las bondades y servicios de los ecosistemas y esto debe ser mantenido por servicios benéficos, biodiversidad e integridad en todos los niveles de la organización biológica desde lo individual a los ecosistemas que se debe mantener en un mínimo nivel de desconocimiento.

Por otra parte, como se puede ver en Zhai et al. (2014), la polución de aire es más seria que en las pasadas dos décadas y el PM 2.5 se ha convertido en uno de los temas más cotizados no solo por opacar la visibilidad sino por el rol importante que tiene sobre la salud de los humanos. Un considerable número de estudios han conllevado a impactos adversos de componentes químicos en PM2.5 y respecto a este componente en especial se tiene efectos de mortalidad y morbilidad. Tal es el caso de metales como Cu, Zn, Cd, Pb, Cr en PM2.5 que deteriora la salud en el cuerpo de los seres humanos y que en especial tiene que ver con alergias respiratorias y el alto riesgo de padecer cáncer por estar expuesto a la población. Existen por tanto mucha literatura sobre PM 2.5 y que se han reportado como medidas simples de la concentración total de metales como el plomo.

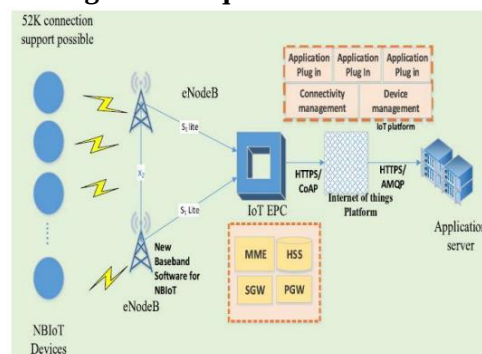
2.2. Internet de las Cosas IoT

De acuerdo con Saiz y López (2019), IoT es una evolución de la evolución de las tecnologías de baja potencia y área extendida LPWAN y en concreto NB IoT, de tal forma que en la actualidad están en crecimiento y donde la información que las concierne es muy escasa y esquiva. El objetivo de esta tecnología es dar conectividad con bajo coste en zonas de cobertura amplia minimizando el consume de energía que se necesita para este fin.

De esta forma se tienen distintas soluciones en el mercado que son redes de área extendida tales como LoRa y Sigfox que tienen tecnología propietaria y que usan un espectro no licenciado, por lo tanto se ha incluido en las recomendadas LTE el 3GPP que es una vertiente específica para NB IoT y que es una Buena opción debido a su bajo consume de energía, tolerancia a la latencia y número de dispositivos que se pueden integrar. IoT se ha incorporado en las áreas extensas y Desarrollo de redes 5G y entre los principals retos se tienen: limitaciones para capacidad de cálculo, procesamiento y potencia de dispositivos terminals o de usuario y la diversidad de aplicaciones que se basan en esta tecnología tales como critical IoT applications y Massiva IoT caracterizadas por una gran zona de cobertura para dispositivos de baja potencia con distintos requerimientos de latencia y ancho de banda necesario.

3. Funcionamiento de IoT

Figura 1. Arquitectura NB IoT



Fuente: Saiz y López (2019)

Esta arquitectura es la misma LTE o EPC Evolved Packet Core que ha sido optimizada para ser desplegada en gran variedad de dispositivos de forma masiva y de tal forma que permita transmisiones cortas de datos de las aplicaciones M IoT dando óptimas condiciones para planos de usuario y de control. La arquitectura de acuerdo con lo descrito en Saiz y López (2019) en la Figura 1, las Comunicaciones se dirigen desde el dispositivo NB IoT hasta un eNode o estación base y esto implica el Serving Gateway, Packet Data Network GW, la entidad del plano de gestión de movilidad y el Home Subscriber server de tal forma que el dispositivo se enlaza con el eNodeB usando la capa de acceso AS o Access Stratum patiendo de dos estados IDLE y CONNECTED. El eNodeB usa el protocolo o nivel NAS para pasar al EPC usando la interfaz S1 lite para gestionar y dar movilidad con el MME. Las frecuencias que se han definido para NB IoT se describen en la tabla.

Tabla 1. Algunas frecuencias usuales para NB IoT

<i>NB Band</i>	<i>UL</i>	<i>DL</i>	<i>Duplex Mode</i>
B1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	HD-FDD
B2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	HD-FDD
B3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	HD-FDD
B4	1710 MHz – 1755 MHz	2110 MHz – 2155 MHz	HD-FDD
B5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	HD-FDD
B8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	HD-FDD
B11	1427.9 MHz – 1447.9 MHz	1475.9 MHz – 1495.9 MHz	HD-FDD
B12	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	HD-FDD
B13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	HD-FDD
B14	788 MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	HD-FDD
B17	704 MHz – 716 MHz	734 MHz – 746 MHz	HD-FDD
B18	815 MHz – 830 MHz	860 MHz -875 MHz	HD-FDD
B19	830 MHz – 845 MHz	875 MHz – 890 MHz	HD-FDD
B20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz -821 MHz	HD-FDD

Source: Saiz y López (2019)

4. Discusión

Con la realización del presente caso de estudio fué posible identificar las distintas tecnologías que se han desarrollado en torno a la Tecnología IoT, al igual que las redes de sensores para medir la calidad del aire que están presentes en Colombia y que aún no disponen de un servicio de telemetría que permita obtener datos en tiempo real y donde sea posible almacenar y graficar la información a manera de históricos, por lo cual se hace crucial la generación de una spin off que permita a las dos universidades tener una propuesta empresarial que permita generar soluciones IoT de forma creativa y sostenible.

5. Conclusiones

Con la realización del presente artículo fué posible conocer el funcionamiento de la tecnología IoT y las necesidades que se tienen de esta tecnología en el país, así como su alcance, bondades y desventajas.

Como trabajos futuros se presenta la generación de distintas empresas por parte de los estudiantes al interior de las universidades de tal forma que se puedan generar grupos de investigación de tipo colaborativo que permitan la integración de la academia con la

industria y realizar desarrollos importantes en este tipo de tecnología de telecomunicaciones.

Fué posible determinar que se tienen redes de calidad del Aire como la red a nivel mundial de la calidad del Aire IQAir que tiene dispositivos en funcionamiento en todo el mundo y que usan este tipo de tecnología para registrar los datos en un mapa siendo visibles las estadísticas minuto a minuto por medio de una aplicación android.

Recomendaciones

Es recomendable que se comience con los procesos de generación de empresas spin off que permitan la interrelación entre la academia y la empresa y de esta forma realizar más desarrollos en IoT.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos de manera especial a la Fundación Universitaria COMPENSAR y a la Universidad Abierta y a Distancia UNAD por la paciente y ardua labor de investigación que se ha realizado desde el año 2021 hasta la actualidad.

Referencias Bibliograficas

- Antonic, A., Bilas, V., Marjanovic, M., Matijašević, M., Oletić, D., Pavelic, M., (...), Skorin-Kapov, L. (2014). *Urban Crowd sensing demonstrator: Sense the Zagreb Air*. 22nd International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM). 10.1109/SOFTCOM.2014.7039132
- Alshamsi, A., Anwar1, Y., Almulla, M., Aldohoori, M., Hamad, N., & Awad, M. (2017). *Monitoring Pollution: Applying IoT to create a Smart Environment*. 2017 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications ICECTA.
- Snow, B. (2017). Mobile CORD (M-CORD) Open Reference Solution for 5G. [http://sites.ieee.org/netsoft2017/files/2017/07/Netsoft2017 Keynote Snow.pdf](http://sites.ieee.org/netsoft2017/files/2017/07/Netsoft2017%20Keynote%20Snow.pdf)
- Languille, B., Gros, V., Bonnaire, N., Pommier, C., & Honoré, C. et al. (2021). A methodology for the characterization of portable sensors for air quality measure with the goal of deployment in citizen science. *Science of the Total Environment*, Elsevier, 708, pp. 134698. [ff10.1016/j.scitotenv.2019.134698ff](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134698).
- Becerra, D., Ramírez, L., Niño, M., Oviedo, C. y Plaza, L. (2021). Relación entre la calidad del aire y la incidencia de enfermedades respiratorias en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *Ingeniería y competitividad*, 23(2), e2029698. <https://doi.org/10.25100/iyc.v23i2.9698>.
- Bret D. Pienkosz1 , Rebecca K. Saari2 , Erwan Monier3 , and Fernando Garcia-Menendez. (2019). Natural Variability in projections of climate change impacts on fine Particulate Matter Pollution. *Advanced Earthhand Space Science*.
- Casazza, M., Lega, M., Jannelli, E., Minutillo, M., Jaffe, D., Severino, V. y Ulgiati, S. (2019). 3D monitoring and modelling of air quality for sustainable urban port planning: Review and

perspectives. *Journal of Cleaner Production*. Editorial Elsevier.
www.elsevier.com/locate/jclepro.

- Castro, D., Coral, W., Cabra, J., Colorado, J., Méndez, D., & Trujillo, L. (2017). Survey on IoT solutions applied to Healthcare. *DYNA*, 84(203), pp. 192-200.
<https://www.redalyc.org/journal/496/49655603024/49655603024.pdf>
- Alvarez-Mendoza, C. I., Teodoro, A. C., Torres, N. & Vivanco, V. (2019). Assessment of Remote Sensing Data to Model PM10: Estimation in cities with a low number of Air Quality Stations: A Case of Study in Quito, Ecuador. *Environments*, 6(7).
<https://doi.org/10.3390/environments6070085>
- Mozumder, C., Reddy, K., & Pratap, D. (2012). Air Pollution Modeling from Remotely sensed data using regression techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*.
- Chu, D. A., Kaufman, Y. J., Zibordi, G., Chern, J. D., Mao, J., Li, C., & Holben, B. N. (2003). Global Monitoring of air pollutions over land from the Earth observing System Terra Moderate Resolution Imagen Spectroradiometer (MODIS). *Journal of geophysical research*, 108. <https://doi.org/10.1029/2002JD003179>
- Corno, F., Montanaro, T., Migliore, C., and Castrogiovanni, P. (2019). SmartBike: an IoT Crowd Sensing Platform for Monitoring City Air Pollution. *International Journal of Electrical and Computer Engineering IJECE*, 7(6), pp. 1-10.
- Bolla, G. M., Casagrande, M., Comazzetto, A., Moro, R. D., Destro, M., Fantin, E., Colombatti, G., Aboudan, A., & Lorenzini, E. C. (2018). ARIA: Air Pollutants Monitoring Using UAVs. 978-1-5386-2474-6/18/\$31.00
- Godall, R., Ejofodomi, O., & Ofualagba, G. (2020). *Autonomous monitoring, análisis and countering of air pollution using environmental drones*. Science Direct, Heliyon.
- Grantz, D. A., Garner J. H. B & Johnson D.W. (2003). *Ecological effects of particulate matter*. Editorial Elsevier.
- Jo, J., Jo, B., Kim J., Kim S., & Han, W. (2020). Development o fan IoT-Based Indoor Air Quality Monitoring Plattform. *Hindawi Journal of Sensor*, 20.
- Aboubakr, M., Balkis, A., ElNour, A., & Tarique, M. (2017). *Environmental Monitoring System by Using Unmanned Aerial Vehicle*. Macrothing Institute, Network Protocols and Algoritms.
- Abarca, M., Saito, C., Angulo, A., Paredes, J. A. & Cuellar, F. (2017). *Design and Development o fan Hexacopter for Air Quality Monitoring at High Altitudes*. 2017 13th IEEE Conference on Automation Science and Engineering (CASE).
- Munro, R., Lang, R., Klaes, D., Poli, G., Retscher, R., Lindstrot, R. Huckle, A. Lacan, Grzegorski, M., Holdak, A., Kokhanovsky, L., and Elsinger, M. (2015). The GOME-2 instrument on the metop series of satellites: instrument design, calibration and level 1 data processing- an overview. *Atmospheric mesurement Techniques*.
- Alvear, O., Zema, N. R., Natalizio, E., & Calafate, C. T. (2017). Using UAV-Based Systems to Monitor Air Pollution in Areas with Poor Accessibility. *Journal of advanced Transportation*.
- Oscar Alvear, Willian Zamora, Carlos T. Calafate, Juan-Carlos Cano and Pietro Manzoni. (2016). *EcoSensor: Monitoring environmental pollution using mobile sensors*. Universidad Politécnica de Valencia.

- Pant, P., Lal, R. M., Guttikunda, S. K., Russell, A. G., Nagpure, A. S., Ramaswami A., & Peltier, R. E. (2018). *Monitoring Particulate matter in India: recent trends and future Outlook*. Air Quality, Atmosphere & Health.
- Deshmukh, P., Kimbrough, S., Krabbe, S., Logan, R., Isakov, V., & Baldauf, R. (2020). Identifying air pollution source impacts in urban communities using mobile monitoring. *Science of the total environmental*.
- Arroyo, P., Herrero, J. L., Suárez, J. I., & Lozano, J. (2019). *Wireless Sensor Network Combined with Cloud Computing for Air Quality Monitoring*. Sensors, MDPI.
- Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., Cusack, M., Pérez, N., Mihalopoulos, N., Theodosi, C., Gerasopoulos, E., Kubilay, N., & Koçak, M. (2009). Variability in regional background aerosols within the Mediterranean. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9, 4575–4591. 10.5194/acp-9-4575-2009.
- Fuzzi, S., Baltensperger, U., Carslaw, K., Decesari, S., Denier van der Gon, H., Facchini, M. C., Fowler, D., Koren, I., Langford, B., Lohmann, U., Nemitz, E., Pandis, S., Riipinen, I., Rudich, Y., Schaap, M., Slowik, J. G., Spracklen, D. V., Vignati, E., Wild, M., Williams, M., & S. Gilardoni. (2015). Particulate matter, air quality and Climate: lessons learned and future needs. *Atmospheric Chemistry and Physics Open Access*.
- Saiz, J. & López, J. (2019). Estudio en detalle de NB IoT: comparación con otras tecnologías LPWAN considerando diferentes patrones de tráfico. Universidad Oberta de Catalunya. <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/94946/6/jsaizmiTFM0619memoria.pdf>
- Chitranshi, S. & Sharma, S. P. & Dey, S. (2014). Satellite-based estimates of outdoor particulate pollution PM10 for Agra City in northern India. Springer Science Business. Air Qual Atmos Health.
- Davila, S., Ilić, J. P., & Bešlić, I. (2015). Real time dissemination of air quality information using data stream and web technologies: linking air quality to health risk in urban areas.
- Wang, Y.-P. E., Lin, X., Adhikary, A., Grövlén, A., Sui, Y., Blankenship, Y., Bergman, J., & S. Razaghi, H. (2017). A Primer on 3GPP Narrowband Internet of Things (NB-IoT). *IEEE Communications Magazine*, 55(3), pp. 117-123.
- Cheng, Y., Li, X., Li, Z. Jiang, S., Li, Y., Jia, J., & Jiang, X. (2014). AirCloud: A Cloud-based Air Quality Monitoring System for everyone. Air Scientific Beijing.
- Yuzhe Yang, Zixuan Bai, Zhiwen Hu, Zijie Zheng, Kaigui Bian, and Lingyang Song. (2018). AQNet: Fine Grained 3D Spatio Temporal Air quality Monitoring by Aerial Ground WSN.
- Zhai, Y., Liu, X, Chen, H, Xu, B., Lu Zhu, Caiting Li, Guanming z. (2014). Source identification and potential risk assessment of heavy metals in PM2.5 from Changsha. *Science of The Total Environment*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.106>