

1.APLICACIONES INDUSTRIALES DE IOT EN INDUSTRIA 4.0¹

INDUSTRIAL IOT APPLICATIONS IN INDUSTRY 4.0

Martha Elisa Cuasquer Mora²

Gonzalo Medina³

Camilo Otálora⁴

Jairo César Gómez Acero⁵

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES⁶

¹ Esta investigación se realiza como un Proyecto de Investigación en convenio entre la Universidad Abierta y a Distancia UNAD y la Fundación Universitaria COMPENSAR. Se encuentra dentro del grupo de Investigación GIIS en la línea de Investigación de Redes, Telemática y Telecomunicaciones.

² Fundación Universitaria COMPENSAR, mguasquer@ucompensar.edu.co

³ Universidad Nacional Abierta y a Distancia, gonzalo.medina@unad.edu.co

⁴ Fundación Universitaria COMPENSAR, ccamilotalora@ucompensar.edu.co

⁵ Fundación Universitaria COMPENSAR, jcgonmez@ucompensar.edu.co

⁶ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

APLICACIONES INDUSTRIALES DE IOT EN INDUSTRIA 4.0

*Martha Elisa Cuasquer Mora, Gonzalo Medina, Camilo Otálora, Jairo César Gómez
Acero*

RESUMEN

La realización de este artículo condujo a encontrar importantes resultados en cuanto a los avances de la cobertura 5G para Colombia en especial, dado que no todos los países cuentan con los recursos económicos para invertir en estos procesos de actualización, lo que permite identificar que es posible la generación de proyectos derivados que permitan aplicar el concepto de IoT hacia aplicaciones industriales y que se puedan dirigir hacia el cuidado del medio ambiente. El objetivo fundamental de la realización de esta obra es la fundamentación en LTE y redes NB IoT. En cuanto a la metodología que se usó para el desarrollo de esta obra se tiene el meta-análisis que consiste en la revisión de la literatura existente en torno al tema y posteriormente de realizar esta revisión, es posible la generación de no solo uno sino muchos artículos y también el desglose de posibles proyectos de investigación. Como resultado, se obtuvo el proyecto derivado y que se titula “Sistema para medir la calidad del aire en zonas no conectadas de Cundinamarca usando telecomunicaciones” con el que se logró realizar una ponencia internacional en la semana de la innovación de UCOMPENSAR donde se desarrolló el encuentro de investigadores y la presentación de experiencias de formación en la investigación, una nacional en la Universidad de Caldas en el evento EAIFI 4. Como conclusiones importantes se logró identificar que en Colombia es incipiente la cobertura 5G y que existe muchas áreas de desempeño en campo de las Telecomunicaciones.

PALABRAS CLAVES: IoT, NB, Telecomunicaciones, Aire, IQ-Air

ABSTRACT

The realization of this article led to finding important results regarding the advances in 5G coverage for Colombia in particular, given that not all countries have the economic resources to invest in these updating processes, which allows identifying what is possible. the generation of derivative projects that allow the IoT concept to be applied to industrial applications and that can be directed towards caring for the environment. The fundamental objective of the realization of this work is the foundation in LTE and NB IoT networks. Regarding the methodology that was used for the development of this work, there is the meta-analysis that consists of the review of the existing literature on the subject and after carrying out this review, it is possible to generate not only one but many articles and also the breakdown of possible research projects. As a result, the derived project was obtained and is entitled "System to measure air quality in unconnected areas of Cundinamarca using telecommunications" with which an international presentation was made at the UCOMPENSAR innovation week where the project was developed. meeting of researchers and the presentation of research training experiences, a national one at the University of Caldas at the EAIFI 4 event. As important conclusions, it was possible to identify that 5G coverage is incipient in Colombia and that there are many areas of performance in the field of Telecommunications.

KEYWORDS: IoT, NB, Telecommunications, Air, IQ-Air

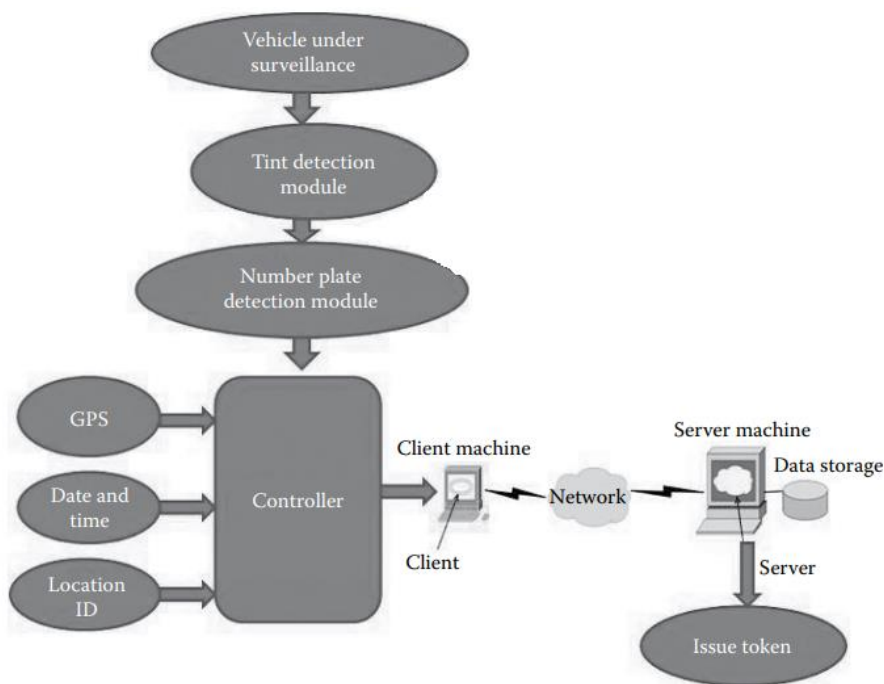
INTRODUCCIÓN

A continuación, se presentan distintas aplicaciones a nivel industrial que se pueden obtener con el uso de Internet of Things IoT tal como se puede encontrar en Tripathy y Anuradha (2018), en donde se puede observar un sistema automotriz donde se usa el Sistema IoT para poder orientar las decisiones adecuadas para maniobrar el volante y evitar accidentes.

Identificación de nivel de polarización en autos para seguridad de pasajeros

Ilustración 1.

Módulos de control para medir tickets con evidencia.



Nota: Tripathy y Anuradha (2018)

Entre las principales aplicaciones industriales se tienen las escalas de seguridad tal es el caso del proceso de seguimiento visual de los pasajeros que viajan en un auto donde los valores de transmisión de luz visual VLT y reflectancia de luz visual VLR de las ventanas de vidrio que se han usado en el vehículo y deben tener un valor particular donde todos los fabricantes de autos deben seguir ciertos estándares pero el propietario o usuario de un auto por lo general adquiere películas que permitan la polarización de ventanas en los mercados grises y se paga el mismo en las ventanas de vidrio que a la vez dificultan la visibilidad por lo que se impide que las autoridades encargadas de hacer cumplir la ley tengan una visión clara de quienes son los pasajeros por lo cual quienes viajan en el interior del auto pueden ver claramente el mundo a través de la ventana de vidrio mientras que los extraños no pueden distinguir quienes se encuentran dentro del auto, para regular esto, las autoridades de cada país o Estado prescriben valores de umbral VLT /VRT que permiten fijar las películas que se tintan en la Ventana de vidrio, en la ilustración 1 se describe el algoritmo fundamental de la aplicación y se muestra un diseño de un módulo controlador que permite su posterior procesamiento.

El auto se prueba por medio de un sistema de visión artificial, para medir el nivel de tintado del parabrisas/Ventana. Si el nivel del tintado se encuentra hasta el nivel deseado, la prueba continúa para el siguiente auto y en caso contrario para el siguiente auto se pasa al módulo de identificación de matrícula. Una vez que se identifica el número de vehículo, los datos GPS o ID de ubicación, hora y flecha junto con la prueba de nivel de tintado son enviados al Sistema cliente que es un sistema de cámaras de vigilancia al servidor. La labor del servidor es verificar si el número de registro del auto en su base de datos y de esta forma localizar al propietario, datos del contacto y en consecuencia se puede emitir un recibo de pago al propietario del auto.

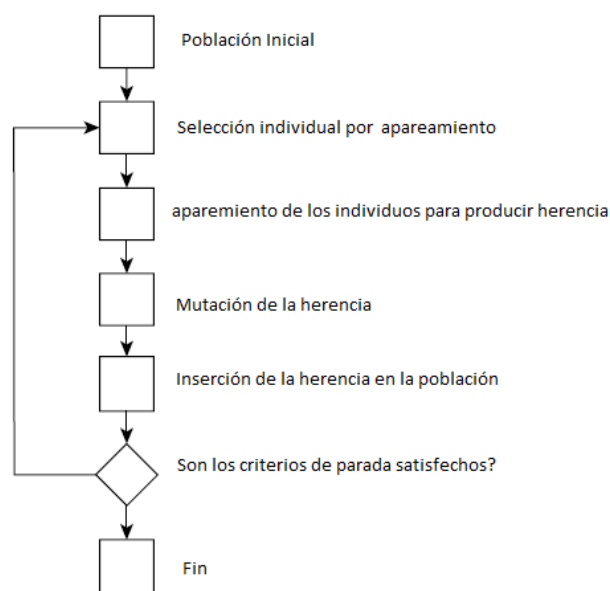
Identificación de grabaciones supervisadas y semi supervisadas de aplicaciones cerebrales de forma inalámbrica

En este estudio realizado por Wiechert, Triff, Liu, Yin, Zhao, Zhong, Zhou, Lingras (2018), es posible observar que la tecnología portátil ofrece oportunidades interesantes para la ciencia de datos con esta investigación se logró demostrar que existe mucha viabilidad en las técnicas de aprendizaje supervisado y semisupervisado que se usan para identificar personas y actividades basadas en datos de EEG que son recopilados por medio de una diadema EEG de tipo portátil que se encuentre disponible. En el mundo real las señales tienen un uso muy variado y la mayoría de las técnicas de ciencia de datos se basan en la representación de objetos de longitud fija. Con este estudio, se ha logrado mostrar el uso de histogramas EEG para señales cerebrales que se pueden aplicar en una amplia gama de técnicas para la minería de datos. En el caso de los histogramas se toman como una ventaja porque reducen los datos brutos de longitud variable a representaciones de longitud fija sin que importen los datos que se registran y que la representación sea la misma.

De igual manera, las cuatro técnicas de aprendizaje supervisado que se exploraron permitieron identificar a las personas en función de las señales EEG recopiladas, obteniendo como resultados de la validación cruzada que de diez veces variaron el 95% al 93% para SVM, redes neuronales y bosque aleatorio. árbol de decisiones que proporciona la menor precisión con un 65%, con una precisión de SVM del 78% para actividades y del 85% para persona y actividad lo que es una representación confiable para hacer predicción de señales cerebrales también, optimizando y ajustando los parámetros de la clasificación que permite una mejor exactitud y precisión. Los métodos de agrupamiento de forma tradicional tienen valores de precisión que oscilan entre el 27% y el 82% para K-means valores mejorados de 68% a 95% para K-medoids, el método de agrupamiento K-medoids proporcionó resultados variables. La precisión de los límites inferiores presenta un rango muy amplio de 0% a 100% y los valores de recuperación fueron más bajos en general para K-medias con un rango de 40% a 98% en comparación con K-medoids en un rango de 65% al 96%. Para el algoritmo de K-medoids la recuperación del límite superior fue en general más alto, pero con un amplio rango de 13% a 100%.

Ilustración 2.

Diagrama de flujo de un algoritmo genético generacional



Nota: Wiechert, Triff, Liu, Yin, Zhao, Zhong, Zhou, Lingras (2018)

Este algoritmo de K-medoids propuesto proporcionó resultados muy variados dependiendo de la persona y esto se demuestra con los valores de recuperación y precisión del 0% para la persona 3 y el valor de precisión del 100% para la persona 0 en el límite inferior. Por lo tanto, el límite superior se demuestra por el 6% de precisión y el 13% de recuperación para la persona 0 y el recuerdo del 100% para la persona 1. Con un agrupamiento aproximado, los límites superiores son inclusivos en naturaleza, de esta forma si un patrón tiene posibilidades razonables de pertenecer a un grupo, entra en su parte superior vinculado y esto conlleva a valores de recuperación que son por lo general más altos; los límites inferiores por el contrario son exclusivos. Un patrón extra entra en el límite inferior de un grupo solo si existe una muy alta posibilidad de que el patrón pertenezca al grupo. Esto conduce a una menor recuperación y mayor precisión, valores para los límites inferiores de la agrupación; de esta manera, un analista puede usar los límites superiores de un grupo cuando se desea un mayor recuerdo. Los límites inferiores de los conglomerados serán útiles

cuando la precisión es un criterio de exigencia y todos los métodos de agrupamiento son razonablemente exitosos al emparejar grupos con personas. K-medoids proporciona resultados más confiables, mientras que el algoritmo aproximado de K-medoids propuesto tuvo resultados o muy buenos o muy malos; lo que sugiere que se requiere de una mejor optimización para ajustar el algoritmo, que se puede apreciar en la Ilustración 2 y que consiste en un algoritmo genético generacional.

Ilustración 3.

Ejemplo de Diadema EEG para obtención de muestras de señales



Nota: Neuromarketing (2017)

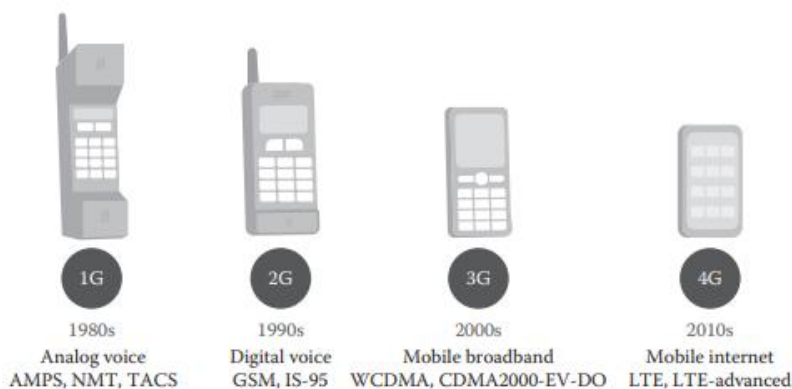
En la ilustración 3 se puede observar la manera en que se puede realizar la obtención de señales EEG o Electroencefalogramas. Por último, tal como se logró observar en las dos aplicaciones citadas de identificación de personas a través de vidrios oscuros usando IoT y de estudio de algoritmos genéticos usando EEG y IoT, es posible la generación de más aplicaciones que se pueden apreciar con mayor detalle en Tripathy y Anuradha (2018) y que permiten demostrar que IoT es una tecnología que se puede orientar hacia el desarrollo de variadas aplicaciones en distintas áreas del conocimiento.

Fundamentación Teórica: Antecedentes e Historia de IoT

Los sistemas de Comunicaciones inalámbricos y dispositivos han emergido y estado envueltos durante las pasadas décadas de acuerdo con Fattah (2017), tal como se puede ver en la Ilustración 4.

Ilustración 4.

Evolución de las redes wireless y celular



Nota: Fattah (2017)

Donde se puede observar la evolución de las tecnologías inalámbricas desde 1G hasta los sistemas 4G. En los años 80's las redes inalámbricas comenzaron centradas en sistemas de comunicación por voz hasta que las redes 1G y 2G fueron representadas por AMPS y Sistemas celulares IS 95. Posteriormente, se presentaron mejoras de 1G a 2G con dispositivos de soporte de datos con baja a alta tasa de datos (9.6Kbps) tal como EDGE 3GPP que fue creado para estandarizar e introducir las redes 3G que se conocen como WCDMA. En 1999, los sistemas 3G, WCDMA y cdma2000, fueron integrados para soportar una mezcla de voz, video, y servicios de datos. WCDMA fue liberado por 3GPP en diferentes versiones comenzando desde la mejora 99 hasta la 7 que permite conectividad con ancho de banda celular soportando unos cuantos Mbps.

La versión 8 fue el principio de la actividad 4G por 3GPP que se conoce como LTE. 3GPP se compone de nuevas especificaciones de LTE extendiendo las especificaciones del

IMT-2000. El LTE se ve como el primer despliegue comercial en 2009 introduciendo muchos avances futuros que se comparan con sus predecesores y ofrecer varias ventajas como alta velocidad, baja latencia, alto espectro de eficiencia, redes simplificadas y de núcleo IP, acceso OFDM por sus siglas en inglés Orthogonal Frequency Division Multiple y alta capacidad de celdas. LTE también ha sido introducida en varias mejoras que comienzan desde la versión 8 hasta la versión 15, donde las mejoras más tardías son el comienzo de las actividades 5G y la estandarización.

LTE ha introducido la máquina tipo comunicación MTC que consiste en una comunicación entre dispositivos y la infraestructura de transporte de datos. La comunicación puede ocurrir entre dispositivos MTC dispositivo y servidor o directamente entre dos dispositivos MTC que manifiesta así mismo un amplio rango de aplicaciones y servicios. Estas aplicaciones pueden ser encontradas en distintas industrias tales como cuidado de la salud, fabricación, procesos de automatización, energía y utilidades. Los dispositivos MTC soportan distintas redes de tecnología tales como punto a punto, multi hop, ad hoc o redes inalámbricas. IoT Internet of Things es una aplicación de MTC que pueden ser de baja complejidad, amplio rango, baja potencia y dispositivos de banda ancha. Todos estos dispositivos se comunican entre ellos y con otros servidores y aplicaciones residentes en la red.

Por ejemplo, dispositivos usados en carros y camiones se caracterizan por una pequeña cantidad de datos mientras entregan una gran cantidad de entregas. Pequeños medidores tales como gas o electricidad son estacionarias y requieren solo una pequeña cantidad de datos lo que no representa un retraso sensitivo. Adicionalmente, el número de estos dispositivos MTC puede ser extenso, en un rango de cientos a miles por Km². Los dispositivos MTC son a menudo baterías alimentadas y sin otra fuente de poder. El número de conexiones para estos dispositivos se espera que sea ultra larga con una conexión estimada active de 200 mil por Km² y una densidad de dispositivos de un millón de dispositivos por Km².

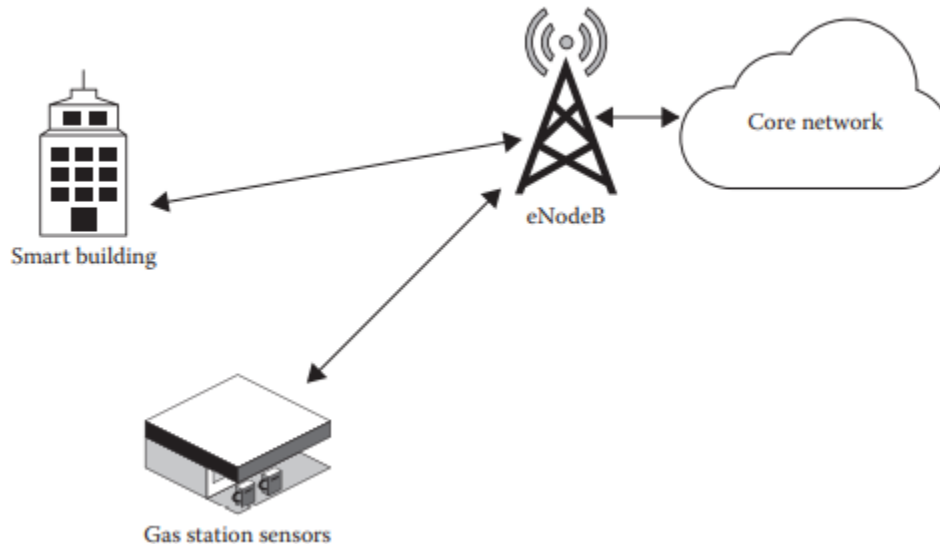
3GPP NB IoT se conoce como LTE NB IoT que es una categoría de la MTC que se integró en los comienzos de LTE comenzando desde la mejora 13. LTE NB IoT libera

distintos niveles de optimización, para el caso de los dispositivos NB IoT como los protocolos stack y las interfaces de radio optimizadas por NB IoT, baja potencia de consumo, baja tasa de datos, limitado ancho de banda de 180KHz, cubrimiento extendido y bajo costo de hardware. En la Ilustración 5, se puede ver una aplicación de NB IoT en Construcciones y medición inteligentes donde los dispositivos NB IoT coleccionan una gran cantidad de datos y de información y los envía a un servidor remoto de procesamiento.

El nuevo estándar LTE NB IoT integrado por una versión natural de 3GPP LTE para salvaguardarlo como un simple y posible encuentro de objetivos de bajo costo con una mínima potencia de consumo y una batería de larga duración. Los dispositivos NB IoT pueden ser sensores, actuadores, prendas inalámbricas y cámaras con forma de un gran número de dispositivos conectados o cosas conectadas tales como edificios inteligentes y sensores en una estación de gas. Estos dispositivos se caracterizan por un tiempo no crítico de transferencia de datos y en un rango desde dispositivos simples a muy complejos. Los dispositivos NB IoT conectan con una red de forma directa a través de una infraestructura celular como se puede apreciar en la ilustración 5.

Ilustración 5.

Internet de las cosas aplicaciones en edificios inteligentes y medidores.



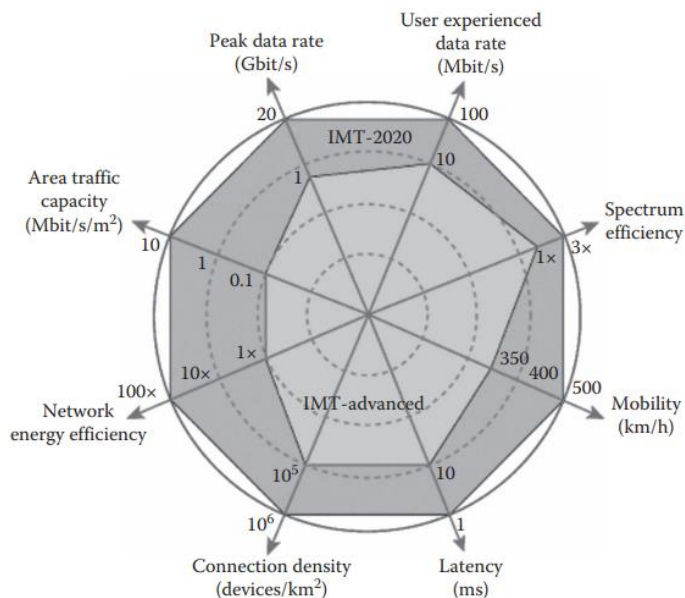
Nota: Fattah (2017)

Los dispositivos pueden estar desde prendas de vestir como relojes o un set de sensores embebidos en ropa hasta sofisticadas prendas de vestir que sirven para el monitoreo de estadísticas de signos vitales. Estos dispositivos pueden no ser solo prendas de vestir que se comunican en una red de área personal PAN tales como un conjunto de aparatos inteligentes como termostatos y claves de ingreso o dispositivos electrónicos en una oficina tales como impresoras o flores inteligentes que pueden ser activadas de forma remota para proveer agua a una planta tal como se expresa por Fattah (2017).

Entrando en detalle acerca de la historia de LTE se tiene que la tecnología 4G celular que se conoce como E-UTRA o LTE ha sido introducida en 3GPP, versión 8 en el año 2008 como la tecnología de banda ancha de tecnología celular que excede los requerimientos de IMT 2000. 4G y que viene con avanzadas capacidades y características tales como picos altos de datos (300Mbps sobre DL y 75 Mbps sobre UL), mejorando un sistema de capacidad y cobertura, mayor espectro de eficiencia, baja latencia, reducidos costos de operación, soporte multiantena, operación de ancho de banda flexible e integración sin interrupciones con sistemas existentes. La versión LTE 10 conocida como LTE Avanzada fue tardíamente introducida como una tecnología que permite avanzados requerimientos IMT.

Ilustración 6.

Objetivo de la UIT para IMT -2020 y capacidad 5G



Nota: Fattah (2018)

LTE Avanzado mejora de forma significativa la versión 8 que soporta hasta un ancho de banda que se extiende hasta 100MHz a través de la agregación de operadores para admitir tasas máximas mucho más altas tales como 1Gbps en DL y 500 Mbps en UL, con lo cual se obtiene un mayor rendimiento y cobertura y latencias más bajas que resultan en una menor experiencia de usuario. Por otra parte, la LTE versión 10 admite una mayor multiplexación especial MIMO, transmisión multipunto coordinada y nodos de retransmisión. Lanzamiento LTE 13 que fue lanzado en 2016 y extiende LTE Avanzado a un Amplio espectro de nuevas aplicaciones e industrias que dan lugar a nuevos usos con casos que van más allá de los teléfonos inteligentes. El lanzamiento de LTE 13 fue el inicio de actividades previas a 5G para complementar los nuevos servicios y características de 5G que se ha diseñado para

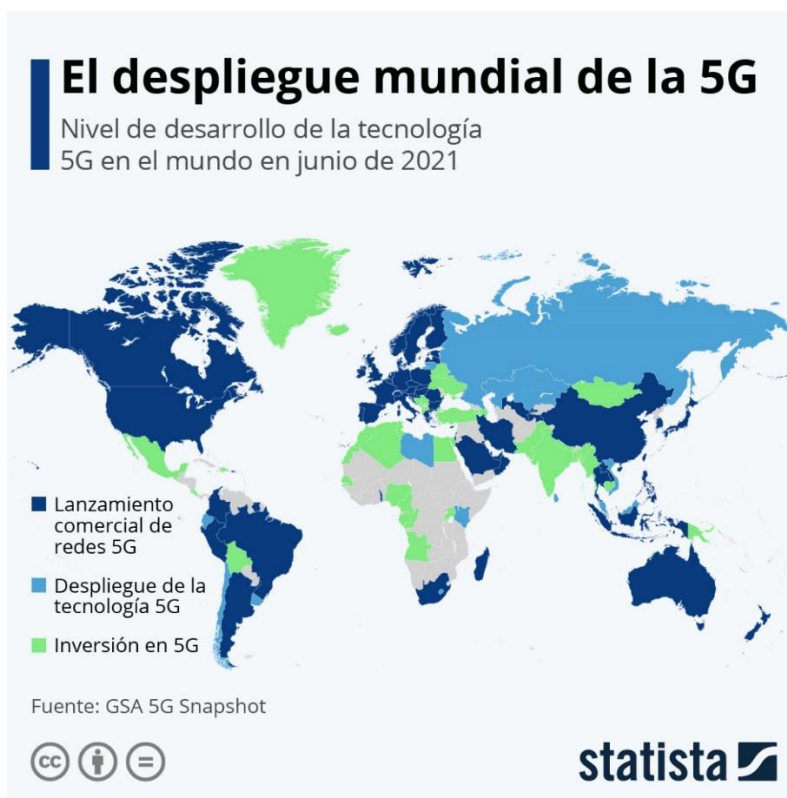
soportar los requerimientos de la ITU para los requerimientos de las capacidades de la IMT-2020 como se puede ver en la Ilustración 6.

La tasa máxima de datos que usa la IMT-2020 se espera mejore hasta los 10Gbps y aumente hasta los 20Gbps, esperando que la eficiencia sea tres veces más alta en comparación con la IMT avanzada. Se espera además que la IMT 2020 soporte hasta 10Mbit/s/m² en la capacidad del área de tráfico como es el caso de hot spots. IMT-2020 debería ser capaz de permitir una latencia inalámbrica de 1ms, siendo capaz de ofrecer servicios de apoyo con requerimientos de latencia muy bajos. IMT -2020 debe además permitir alta movilidad de hasta 500km/h con aceptable calidad de servicio QoS para trenes de alta velocidad. De tal forma que el IMT 2020 admita una densidad de conexión de hasta 10⁶ dispositivos por km² como es el caso de escenarios de comunicación de tipo máquina masiva

La red de comunicación inalámbrica 5G es la conectividad y la tecnología de próxima generación para la próxima década y más allá y que es necesario para cumplir con los requisitos de las IMT-2020. En cuanto a las especificaciones han comenzado en 3GPP versión 15 y el conjunto inicial de las especificaciones 5G que se basan en LTE y New Radio NR que se finalizaron hacia comienzos de 2018 como parte de la versión 15. La primera fase técnica de 5G, se completó hacia 2018 y se estrenó hacia 2020, teniendo en cuenta que solo algunos países tienen los recursos para invertir en su implementación por lo cual se realiza la oferta comercial pero no su implementación como tal por lo tanto Colombia aún no entra en la era de 5G como se puede apreciar en la ilustración 7 y ahí es donde se tiene un papel importante para las Comunicaciones y aplicaciones que hacen uso como tal de NB IoT.

Ilustración 7.

Despliegue mundial de la red 5G.



Nota: Statista (2021)

La tecnología 5G tal como se puede apreciar en Fattah (2018), promete un largo número de características entre las que se incluyen NB IoT para la conexión del mundo en donde se puede citar un amplio número de aplicaciones tales como vehículos conectados, comunicación entre máquinas, Comunicaciones de dispositivo a dispositivo, células pequeñas y redes relay. Adicionalmente hay muchas características avanzadas que incluyen MIMO de forma masiva y técnicas de antenas avanzadas.

Aunque 4G LTE continuará avanzando antes que las redes 5G se encuentren omnipresentes por lo cual se ha de permitir muchos casos de uso que permitirán dar vida a múltiples aplicaciones de banda ancha de tal forma que las redes se escalarán para dar cabida a miles de millones de dispositivos que permitirán velocidades muy altas y esto es más de 20GBps y una latencia ultra baja de menos de 1 ms y confiabilidad ultra alta.

Discusión: Plataforma para monitoreo de la Calidad del Aire usando IoT

De acuerdo con Somvanshi, Vashinsht, Chandra y Kaushik (2019), los sensores remotos han sido usados de manera amplia para monitorear la calidad del aire y del agua. De igual forma sucede con las imágenes de satélites en la capa solar. De esta forma la señal observada por el sensor de satélite fue la suma de los efectos de la tierra y atmósfera. Los parámetros de polución se pueden medir por sensores remotos y adquisición de la información por medios ópticos para de esta forma establecer parámetros de clima. Es vital que se pueda monitorear la polución del aire para desarrollar unas políticas de cuidado medio ambiental que puedan ser pertinentes para la población circundante. El objetivo principal que se persiguió en este estudio fue realizar la proposición de un modelo para mapear los distintos parámetros de la cualidad del aire usando los datos de Landsat 8 OLI y TIRS, estas medidas son necesarias para modelar la generación y calibración.

Como es posible observar en Casazza, Lega, Jannelli, Minutillo, Severino y Ulgiati (2019), la aplicación apropiada de tecnologías de monitoreo permite el desarrollo de multi-dimensionales y multi paramétricas medidas que se pueden integrar en interfaces coherentes que permiten el monitoreo de forma multidisciplinaria, lo que indica que con el acrónimo MuM se implementa para la calidad de medidas siendo primero propuesta para la calidad de agua en áreas de costa. En orden para elegir la tecnología más apropiada para medir la calidad del aire se recomienda algunas características como estabilidad, impacto de los factores del entorno, detección de los límites y la repetibilidad como reproducibilidad y el costo.

Un criterio general para la localización de la red con instrumentos de medición es válido para el cálculo de modelos de dispersión. Estos trabajos recaen en la importancia de monitorear el diseño para obtener resultados efectivos. De esta forma las redes de monitoreo incluyen objetivos como: Soporte para determinar la alta polución en las áreas de monitoreo,

definición de las altas concentraciones de áreas polucionadas, definición del impacto con relación a las fuentes y definición de las categorías, evaluar el entorno de concentraciones de polución, determinar las altas concentraciones que se espera que ocurran en el área cubierta por la red, así como el fenómeno de transporte. De manera consecuente la cantidad de datos recolectados es de suma importancia para tales propósitos. Un estudio reciente ha marcado la importancia de localizar los instrumentos de medición en especial sensores de bajas cualidades donde la salida es baja, En general se subraya factores de selección como: Fortaleza de fuentes de emisión cercanas, dirección del viento alrededor de la ubicación, uniformidad para uso y proceso del área circundante, densidad de la población cercana. Con relación al criterio de calidad se ha fijado los datos en particular material de polución como PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , CO , NO_2 , SO_2 .

Además, se tienen siete factores que se deben tener en cuenta antes de ir a instalar una red de sensores tales como los factores económicos, seguridad de los factores logísticos, factores atmosféricos, factores topográficos, la producción de material particulado en todas sus presentaciones y el modelo de la calidad del aire. Se puede entonces observar que los datos observacionales pueden ser combinados por medio de plataformas GIS. Como perspectivas futuras se presenta la necesidad de la generación de sensores inalámbricos de polución, pero a bajo costo y de alta calidad.

Dado todo lo anteriormente encontrado en la literatura consultada es posible observar que la plataforma que se presentará a continuación como un desarrollo de software propuesto será de utilidad una vez que se logre integrar en las comunidades ambientales disponibles en Cundinamarca y Medellín para el monitoreo de la calidad del aire tales como la CAR.

METODOLOGÍA

Se hizo uso de un enfoque de tipo mixto debido a que se hizo necesario utilizar el tipo de investigación cuantitativa y cualitativa de acuerdo con la teoría de la metodología de investigación de Hernández, Fernández y Sampieri (2014). Y en cuanto al método técnico que se usó se dirigió hacia el Aprendizaje Basado en Problemas ABP (Morales y Landa, 2004), que consiste en la solución de un problema a partir de un caso de la vida real y para este caso de investigación la problemática fundamental es el cuidado del medio ambiente en especial el cuidado de la calidad del aire, que en la actualidad está ocasionando graves crisis económicas.

RESULTADOS

Sistema de Medición de la calidad del aire en zonas no conectadas de Cundinamarca usando Telecomunicaciones

Descripción del sistema

Objeto. Software que permite la generación de la comunicación y transmisión de la información a un servidor IFTTT usando un sistema electrónico de sensores.

Alcance. El alcance se encuentra en la primera versión solo hasta la transmisión de los datos al servidor FTTT.

Funcionalidad. El software se encuentra listo para lograr hacer un enlace entre los datos que se tienen disponibles de forma inalámbrica hasta el servidor IFTTT LA01.

Descripción del software IQFTTT-LA01

El Software permite la transmisión de forma inalámbrica hasta un servidor FTTH de tal forma que se puede procesar la información en tiempo real.

Metodología utilizada. La metodología de este proyecto se encuentra orientada hacia el análisis UML Lenguaje de Modelado Unificado.

Fase de Diseño

Ilustración 8.

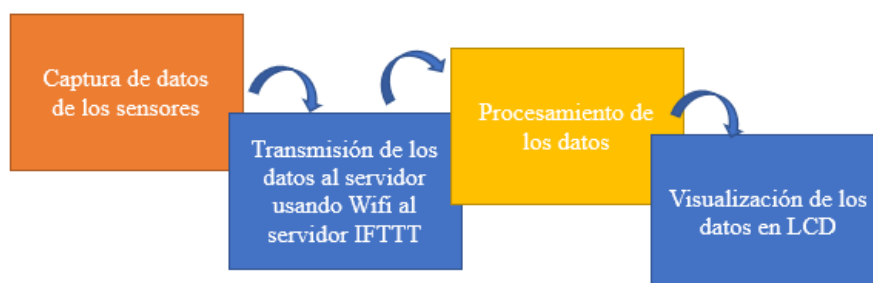
Disposición de actores en el proyecto Global



Nota: Luengas (2022)

Ilustración 9.

Módulos que hacen parte del software de la plataforma creada



Nota: Luengas (2022)

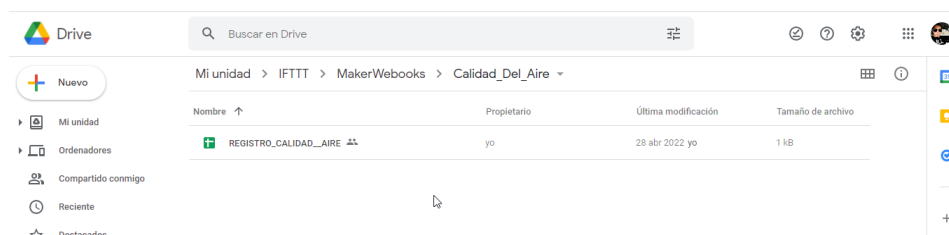
La ilustración 8 muestra la disposición de actores como la comunidad de Mosquera que participa como la zona en donde se toma los datos para ser registrados en la plataforma IFTTT y en la ilustración 9 se presenta los módulos que constituyen el software. Para adquirir información sobre el código del software se puede comunicar con lluengas@ucompensar.edu.co

Descripción y/o manual del Sistema y Operación Integrada

El prototipo se encuentra en la fase inicial de pruebas, ya sirve para realizar mediciones de calidad del aire y registrarlas en un servidor IFTTT tal como se puede apreciar en las siguientes ilustraciones 10 y 11.

Ilustración 10.

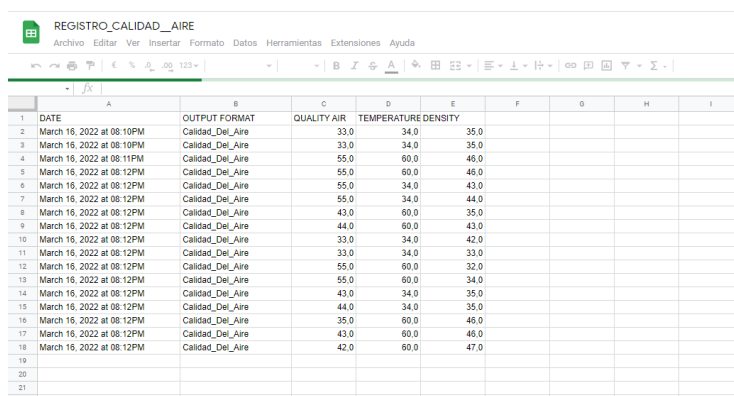
Imagen que muestra el archivo que se deposita en el servidor IF TTT



Nota: Luengas (2022)

Ilustración 11.

Datos que se depositan en los registros del archivo Excel que se almacena en el servidor IFTTT



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	DATE	OUTPUT FORMAT	QUALITY AIR	TEMPERATURE	DENSITY				
2	March 16, 2022 at 08:10PM	Calidad_Del_Aire	33,0	34,0	35,0				
3	March 16, 2022 at 08:10PM	Calidad_Del_Aire	33,0	34,0	35,0				
4	March 16, 2022 at 08:11PM	Calidad_Del_Aire	55,0	60,0	46,0				
5	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	55,0	60,0	46,0				
6	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	55,0	34,0	43,0				
7	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	55,0	34,0	44,0				
8	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	43,0	60,0	35,0				
9	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	44,0	60,0	43,0				
10	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	33,0	34,0	42,0				
11	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	33,0	34,0	33,0				
12	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	55,0	60,0	32,0				
13	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	55,0	60,0	34,0				
14	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	43,0	34,0	35,0				
15	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	44,0	34,0	35,0				
16	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	35,0	60,0	46,0				
17	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	43,0	60,0	46,0				
18	March 16, 2022 at 08:12PM	Calidad_Del_Aire	42,0	60,0	47,0				
19									
20									
21									
22									

Nota: Luengas (2022)

CONCLUSIONES

Con la realización del presente proyecto de investigación se logró identificar que existe la creciente necesidad de implementar redes de sensores a maneras de Smart Grids de sensores en una aplicación WEB que permitan hacer un monitoreo en tiempo real de los datos que describen la polución de aire existente de tal forma que en convenio con entidades de gobierno sea posible trazar políticas que permitan prevenir riesgos de enfermedades respiratorias en comunidades como Antioquia y Cundinamarca y que se constituyen en elementos esenciales para el desarrollo de la Industria 4.0 en Colombia.

Como un trabajo futuro se presenta la generación de un Smart Grid de sensores IoT que permita el monitoreo remoto de la calidad del aire en capitales industriales de Colombia en donde se presenta la mayor contaminación de aire y posteriormente se puede trascender hasta la construcción de monitoreo de estaciones meteorológicas de tipo más completo es decir que se dediquen al monitoreo del aire, del suelo, del agua y de la energía pues todas en conjunto conforman un todo que

hace posible la subsistencia de los seres humanos sobre el planeta tierra. Como un proyecto futuro se desencadena la generación de una propuesta para el Sistema General de Regalías en donde se conecte todos los sistemas de medición del aire en todas las regiones de Colombia y se puedan monitorear de forma remota a nivel Nacional y en tiempo real, de tal forma que se pueda conocer la calidad del aire y sea interpretable de forma amigable por cualquier individuo cualquiera sea su etnia y cultura de origen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aleksandar, A., Vedran, B., Martina, M., Maja Matija, S., Dinko, O., Marko, P., Ivana, P., Kre Simir, P. y Skorin-Kapov, L. (2014). *Urban Crowd sensing demonstrator: Sense the Zagreb Air. The EU FP7 project OpenIoT is the winner of the Open Source Rookie of the Year 2013.* www.openiot.eu
- Anwar, A., Younas, A., Maryam, A., Mouza, A., Nasser, H. y Mohammed, A. (noviembre de 2017). Monitoring Pollution: Applying IoT to create a Smart Environment. *En 2017 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)*. IEEE.
- Snow, B. (2017). *Mobile CORD (M-CORD) Open Reference Solution for 5G*. [Online]. http://sites.ieee.org/netsoft2017/files/2017/07/Netsoft2017_Keynote_Snow.pdf
- Baptiste, L., Valérie, G., Nicolas, B., Clément, P., Cécile, H., Christophe, D., Laurent, G., Salim, S., Isabella, A., Basile, C. y Karine, Z. (2019). A methodology for the characterization of portable sensors for air quality measure the goal of deployment in citizen science. *Science of the Total Environment*, 708, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134698>
- Pienkosz, B. D., Saari, R. K., Monier, E. y Garcia-Menendez, F. (2019). Natural variability in projections of climate change impacts on fine particulate matter pollution. *Earth's Future*, 7(7), 762-770. <https://doi.org/10.1029/2019EF001195>
- 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 Cleaner Production*, 231, 1342-1352. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.257> 0959-6526/
- Alvarez-Mendoza, C., Teodoro, A. C., Torres, N. y 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. V. y Pratap, D. (2013). Air pollution modeling from remotely sensed data using regression techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 41, 269-277.
- Chu, D. A., Kaufman, Y. J., Zibordi, G., Chern, J. D., Mao, J., Li, C. y Holben, B. N. (2003). Global monitoring of air pollution over land from the Earth Observing System-Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D21).
- Fattah, H. (2017). *5G LTE Narrowband Internet of Things (NB – IoT)*. Editorial Taylor & Francis Group. <http://www.taylorandfrancis.com/>
- Corno, F., Montanaro, T., Migliore, C. y Castrogiovanni, P. (2017). SmartBike: an IoT crowd sensing platform for monitoring city air pollution. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6), 3602.
- Bolla, G. M., Casagrande, M., Comazzetto, A., Dal Moro, R., Destro, M., Fantin, E., Colombatti, G., Aboudan, A. y Lorenzini, E. C. (2018). ARIA: Air pollutants monitoring using UAVs. In *2018 5th IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)* (pp. 225-229). IEEE.
- Rohi, G., Ejofodomi, O. y Ofualagba, G. (2020). Autonomous monitoring, analysis, and countering of air pollution using environmental drones. *Heliyon* 6: e3252.
- Sampieri Hernández, R., Fernández Collado, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw Hill.
- Jo, J., Jo, B., Kim, J., Kim, S., y Han, W. (2020). Development of an IoT-based indoor air quality monitoring platform. *Journal of Sensors*, 2020, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2020/8749764>
- Aboubakr, M., Balkis, A., ElNour, A. A. y Tarique, M. (2017). Environmental monitoring system by using unmanned aerial vehicle. *Netw. Protoc. Algorith*, 9, 31-55.
- Abarca, M., Saito, C., Angulo, A., Paredes, J. A. y Cuellar, F. (agosto de 2017). Design and development of an hexacopter for air quality monitoring at high altitudes. En *2017 13th IEEE Conference on Automation Science and Engineering (CASE)* (pp. 1457-1462). IEEE.

- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13(1), 145-157
<https://www.redalyc.org/pdf/299/29901314.pdf>
- Munro, R., Lang, R., Klaes, D., Poli, G., Retscher, C., Lindstrot, R., Huckle, R., Lacan, A., Grzegorski, M., Holdak, A., Kokhanovsky, J., Livschitz, J. y Elsinger, M. (2015). The GOME-2 instrument on the Metop series of satellites: instrument design, calibration, and level 1 data processing--an overview. *Atmospheric Measurement Techniques Discussions*, 8(8).
- Neuromarketing. (2017). *Dispositivos EEG: El costo de medir la actividad cerebral*.
<https://neuromarketing.la/2017/07/dispositivos-eeg-costo-medir-la-actividad-cerebral/>
- Normas APA. (11 de mayo de 2021). *Guía Normas APA 7ª Edición*. <https://normas-apa.org/wp-content/uploads/Guia-Normas-APA-7ma-edicion.pdf>
- Alvear, O., Zema, N. R., Natalizio, E. y Calafate, C. T. (2017). Using UAV-based systems to monitor air pollution in areas with poor accessibility. *Journal of Advanced Transportation*, 2017.
- Alvear, O., Zamora, W., Calafate, C. T., Cano, J. C. y Manzoni, P. (2016, June). EcoSensor: Monitoring environmental pollution using mobile sensors. En *2016 IEEE 17th International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)* (pp. 1-6). IEEE.
- Pant, P., Lal, R. M., Guttikunda, S. K., Russell, A. G., Nagpure, A. S., Ramaswami, A. y Peltier, R. E. (2019). Monitoring particulate matter in India: recent trends and future outlook. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12, 45-58.
- Deshmukh, P., Kimbrough, S., Krabbe, S., Logan, R., Isakov, V. y Baldauf, R. (2020). Identifying air pollution source impacts in urban communities using mobile monitoring. *Science of The Total Environment*, 715.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136979>
- Arroyo, P., Herrero, J. L., Suárez, J. I. y Lozano, J. (2019). Wireless sensor network combined with cloud computing for air quality monitoring. *Sensors*, 19(3), 691.
<https://doi.org/10.3390/s19030691>

- S. Fuzzi¹ , U. Baltensperger, K. Carslaw, S. Decesari¹ , H. Denier van der Gon, M. C. Facchini¹ , D. Fowler⁵ , I. Koren⁶ , B. Langford⁵ , U. Lohmann⁷ , E. Nemitz⁵ , S. Pandis⁸ , I. Riipinen⁹ , Y. Rudich⁶ , M. Schaap⁴ , J. G. Slowik² , D. V. Spracklen³ , E. Vignati¹⁰, M. Wild⁷ , M. Williams¹¹, and S. Gilardoni. (2015). Particulate matter, air quality and Climate: lessons learned and future needs. *Atmospheric Chemistry and Physics Open Access*. (CO3)
- 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. y Williams, M. (2015) Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(14), 8217-8299. <https://doi.org/10.5194/acp-15-8217-2015>
- Sánchez, C. (05 de febrero de 2020). *¿Cómo citar una Página Web? Normas APA (7ma edición)*. <https://normas-apa.org/referencias/citar-pagina-web/>
- Chitranshi, S., Sharma, S. P. y Dey, S. (2015). Satellite-based estimates of outdoor particulate pollution (PM 10) for Agra City in northern India. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 8, 55-65.
- Somvanshi, S. S., Vashisht, A., Chandra, U. y Kaushik, G. (2019). Delhi air pollution modeling using remote sensing technique. *Handbook of environmental materials management*, 1-27. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3_174-1.
- Davila, S., Ilic, J. P. y Beslic, I. (2015). Real-time dissemination of air quality information using data streams and Web technologies: linking air quality to health risks in urban areas. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 66(2), 171.
- Somvanshi, S. S., Vashisht, A., Chandra, U. y Kaushik, G. (2019). Delhi Air Pollution Modeling Using Remote Sensing Technique. En C. Hussain (eds.). *Handbook of Environmental Materials Management*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3_174-1
- Statista (2021). *El despliegue mundial de las redes 5G*. [mapa de cobertura 5g a nivel mundial - Bing images](#)

- Tripathy, B. K. y Anuradha, J. (Eds.). (2017). *Internet of things (IoT): technologies, applications, challenges and solutions*. CRC press.
- Wang, Y. P. E., Lin, X., Adhikary, A., Grovlen, A., Sui, Y., Blankenship, J., Bergman, J. y Razaghi, H. S. (2017). A primer on 3GPP narrowband Internet of Things. *IEEE communications magazine*, 55(3), 117-123.
- Cheng, Y., Li, X., Li, Z., Jiang, S., Li, Y., Jia, J. y Jiang, X. (noviembre de 2014). AirCloud: A cloud-based air-quality monitoring system for everyone. En *Proceedings of the 12th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems* (pp. 251-265).
- Yang, Y., Bai, Z., Hu, Z., Zheng, Z., Bian, K. y Song, L. (abril de 2018). AQNet: Fine-grained 3D spatio-temporal air quality monitoring by aerial-ground WSN. En *IEEE INFOCOM 2018-IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)* (pp. 1-2). IEEE.