

Redes móviles 5G y su impacto en Internet de las cosas

Autor: Jiménez Cancho, Daniel

Director/es: Merino Gil, Miguel Ángel y Núñez Ortuño, José María.

Contacto: daniel.jimenez@alumnos.uvigo.es

Resumen: Los sistemas de telecomunicación permiten el intercambio de información a distancia y, desde sus inicios, han jugado un papel fundamental en la sociedad y han evolucionado según la demanda. Las redes de comunicación móvil son un ejemplo de ello ya que, en apenas unas décadas, han pasado de solo transmitir voz a soportar un abanico innumerable de servicios. La evolución sigue un ritmo vertiginoso y las expectativas para el 5G son elevadas. Se espera una red potente y flexible que cubra los tres escenarios planteados (eMBB, URLLC, mMTC), cada uno con requisitos muy diversos. Para conseguirlo es necesario un cambio radical en la arquitectura de la red, que pasará a estar *softwarizada* mediante tecnologías como NFV, SDN y MEC.

Uno de los ámbitos más interesados en 5G es Internet de las cosas, ya que la conectividad es crítica en el desarrollo de estas soluciones, pero las tecnologías de comunicación inalámbrica tradicionales no cubren sus necesidades. Como consecuencia surgieron las redes LPWA de bajo consumo y largo alcance, entre las que destacan las soluciones NB-IoT y LTE-M basadas en redes móviles. Su rendimiento cubre los requisitos especificados por la ITU para el escenario mMTC, por lo que han sido incluidas en la especificación 5G. Sin embargo, existen otros tipos de IoT con requerimientos más estrictos para los que se empleará la interfaz radio 5G NR.

Con todo ello, 5G se posiciona como una solución completa y estándar para las comunicaciones en aplicaciones de IoT, lo que facilitará su despegue definitivo.

Palabras clave: 5G, Internet de las cosas, redes LPWA, network slicing

1. Introducción

Una de las características del ámbito de las tecnologías de la información y comunicación es que está en continua evolución con el objetivo de mejorar las capacidades de los sistemas. Las redes de

comunicación móvil son ajenas a ello y, desde su origen, se han desarrollado para satisfacer las necesidades que demandaba el mercado para cubrir distintos escenarios.

Diseñadas inicialmente para dar solo servicio de comunicación de voz, han ido progresando de generación en generación para ampliar el abanico de posibilidades. Este hecho ha ido acompañado de una adopción importante en las sociedades desarrolladas, ya que han permitido el intercambio de cada vez más información, más rápido, desde cualquier lugar y en cualquier momento. Como referencia, a nivel global, a finales del año 2020, el 67% (5200 millones) de la población tenía acceso a la red móvil, a la vez que la industria generó un 5.1% (4400 billones de dólares) del PIB global (1).

La evolución no se detiene y aparecen casos de uso nuevos que requieren capacidades mayores o distintas en cuanto a conectividad se refiere. Las redes 4G actuales no pueden cubrir estos requisitos, lo que impide el desarrollo de servicios innovadores. Algunos ejemplos destacables son: el internet de las cosas, con una cantidad ingente de dispositivos conectados a la red; la realidad virtual y su demanda de gran ancho de banda; los coches autónomos, en los que la latencia, seguridad y fiabilidad de la red es imprescindible; o las ciudades inteligentes, en las que los requisitos anteriores se entremezclan. En este punto es donde surge el desarrollo de las redes de comunicación móvil 5G, que espera aunar las tecnologías necesarias para conseguir una red potente, flexible, segura y eficiente que cubra las necesidades expuestas anteriormente.

Uno de los escenarios planteados para 5G será el de las comunicaciones masivas, ligadas a IoT, debido a la proliferación de multitud de dispositivos conectados a la red transmitiendo información. De hecho, se espera que en 2025 haya alrededor de 24000 millones de este tipo de conexiones, duplicando así los valores de 2020, así como que genere ingresos de 900000 millones de dólares (1). Por tanto, se espera que 5G pueda solucionar los retos para la conectividad que esto entraña y que las soluciones actuales no han conseguido superar, de forma que suponga un impulso clave para el desarrollo de IoT. En este contexto, se propone concretar el estudio del 5G sobre el ámbito IoT para analizar el impacto que supone, previo estudio de la situación actual en cuanto a soluciones de comunicación inalámbrica para IoT.

Por tanto, los objetivos que se establecen para el TFM son los siguientes:

- 1) Tratar el estado del arte de las redes de comunicación móvil.
- 2) Estudiar la tecnología 5G desde diversos ángulos.
- 3) Examinar el concepto de IoT e identificar sus requisitos y retos en cuanto a conectividad.
- 4) Analizar cómo se posiciona 5G para evaluar su impacto en IoT.

2. Desarrollo

2.1. Redes de comunicación móvil 5G

Las redes de comunicación móvil actuales ofrecen unas capacidades y alcance muy superiores a las de su origen. A pesar de que el 4G sigue mejorando, las nuevas demandas de requisitos suponen un factor clave para el desarrollo de la nueva generación 5G:

- Rápido aumento de la demanda del tráfico de datos, tanto en cantidad como en velocidad.
- Mayor número de dispositivos conectados a la red en todos los ámbitos... y con IoT en el horizonte cercano. Esto supone una densidad elevada de conexiones simultáneas que la red no puede gestionar de forma óptima.
- Mejoras en la eficiencia energética, tanto de la red como de los elementos conectados.

- Los operadores móviles deben mejorar la eficiencia en el mantenimiento y operación de la red.
- Dotar de conectividad a nuevos casos de uso y aplicaciones, de forma que se abran nuevas oportunidades para los operadores móviles de generar beneficios. El coche autónomo, el IoT, las ciudades inteligentes, la industria 4.0... parecen cada vez más cercanos, pero tienen requisitos de conectividad muy específicos que no cubren las redes actuales.

Ante este escenario, la ITU publicó en septiembre de 2015 la recomendación M.2083: *IMT Vision: Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond* (2), en la que se define la visión de las redes 5G y un amplio abanico de capacidades ligadas a los casos de uso previstos. Esto implica que también haya una gran variedad de requisitos, por lo que es necesario que la flexibilidad sea uno de los principios de diseño de estas redes. Por ello, se resalta que las capacidades que se definen en IMT-2020 tendrán distinta relevancia y aplicación para cada escenario:

- *Enhanced Mobile Broadband* – eMBB: el requisito principal es un ancho de banda muy alto para transferir una cantidad de datos elevada a gran velocidad. Por tanto, podría decirse que se trata de la evolución natural y a corto plazo de las redes de comunicación móvil actuales en cuanto a mejoras de esos parámetros.
- *Massive Machine Type Communication* – mMTC: el requisito principal es soportar el acceso a la red de una cantidad ingente de dispositivos para transmitir datos de manera concurrente. Este sería el caso de las comunicaciones M2M necesarias para usos como IoT, en los que numerosos dispositivos transmiten datos de bajo volumen, pero de manera continua. Todo ello con el condicionante de hacerlo eficientemente.
- *Ultra-reliable and Low Latency Communications* – URLLC: los requisitos de las comunicaciones son muy estrictos en cuanto a latencia, disponibilidad, fiabilidad y seguridad por la naturaleza crítica de los servicios. Esto habilitaría aplicaciones de tiempo real y el concepto de internet táctil.

El 3GPP comenzó a trabajar en el desarrollo de soluciones para cumplir con los requisitos de IMT-2020 y, como resultado de ello va aprobando y desarrollando sucesivas *releases* para su propuesta a la ITU y posterior estandarización. En este sentido, la *release* 15 ya señaló dos modos de despliegue de las redes de comunicación móvil 5G debido a que deberá acometerse de manera progresiva y convivir con el actual LTE (3). Durante las primeras etapas se desplegará el 5G en modo *non-stand alone*, que utiliza la nueva RAN para el plano de usuario, pero mantiene el *core* EPC de las redes LTE para el plano de control. Esta fase permitirá mejorar el ancho de banda gracias al uso de nuevas frecuencias, siguiendo así la evolución tradicional de las redes móviles. Finalmente, el 5G en modo *stand alone* estará disponible una vez que se despliegue la infraestructura necesaria, de forma que se elimine la dependencia del EPC de LTE y se use el *core* 5G. Esto permitirá aprovechar las nuevas características y funcionalidades que proporciona la red, tanto a nivel de operación y gestión como de capacidades.

En cuanto a la arquitectura de las nuevas redes 5G, destaca el hecho de que pasa a estar orientada a servicios y virtualizada, lo que favorece su flexibilidad, descentralización y modularidad. Se aplican conceptos como NFV, SDN y computación en el borde, dando como resultado la *softwarización* de la red (4). Todos estos cambios ocurren tanto en el *core* como en la RAN, lo que permite aplicar el concepto de *network slicing* para proporcionar múltiples redes lógicas con características distintas y particulares a la aplicación a la que dan conectividad, pero todas sobre una misma infraestructura de red. De esta forma, los operadores móviles podrán ofertar *slices* optimizadas para cada tipo de vertical según los requisitos que demande el caso de uso concreto, de una forma ágil y eficiente.

2.2. Conectividad en IoT

Las soluciones en el ámbito de IoT son variadas y existe una gran heterogeneidad. A pesar de ello, se basan en una arquitectura de alto nivel formada por tres capas (5): la capa de percepción u objetos y dispositivos, la capa de sistemas de datos y aplicaciones y la capa de red o comunicaciones que permite el tránsito de datos entre las dos anteriores. Como consecuencia de esta estructura, la conectividad supone uno aspecto crítico en las soluciones IoT. A lo largo de los años se han utilizado tecnologías de diversa índole para permitir la comunicación en IoT dependiendo del escenario y sus requerimientos, por lo que actualmente existe una gran heterogeneidad y fragmentación.

Las comunicaciones en IoT presentan características y requisitos muy diferentes con respecto a las comunicaciones tradicionales, ya que éstas últimas están centradas en los humanos:

- El número de dispositivos es muy elevado, dado que la visión final es que cualquier cosa pueda estar conectada, por lo que la red debe ser capaz de gestionar dicha cantidad.
- Los patrones de comunicación son distintos a los de las comunicaciones humanas, ya que predomina el tráfico periódico a ráfagas, y mayor volumen en la subida que en la bajada.
- Los dispositivos son de bajo coste, lo que implica que tienen recursos limitados.
- Los equipos tienen acceso limitado a la energía, por lo que deben tener un consumo energético lo más reducido posible para maximizar su vida útil.
- Como consecuencia de la gran cantidad de elementos conectados, es necesario que la instalación y puesta en marcha sea lo más sencilla y ágil posible.

Dado que las numerosas alternativas de conectividad inalámbrica empleadas tradicionalmente no han conseguido imponerse como soluciones globales para IoT por sus limitaciones, e impulsado por las perspectivas de crecimiento y potencial económico de Internet de las cosas, surgen las denominadas redes LPWA. Sus premisas son proporcionar comunicaciones inalámbricas con un consumo energético reducido y amplia cobertura, adecuadas para las características de IoT. En este escenario aparecen dos enfoques distintos: las basadas en el uso de espectro no licenciado (LoRaWAN[®] y Sigfox) y las que hacen uso de espectro licenciado por estar basadas en tecnología celular (NB-IoT y LTE-M) (6).

Con respecto a las primeras, el uso de banda libre promete menores costes de despliegue, así como mayor optimización en cuanto a cobertura y consumo energético frente a las redes móviles tradicionales. En cuanto a sus diferencias, destaca que Sigfox se trata de una operadora de red global que se apoya en operadoras locales y funciona mediante suscripciones anuales, mientras que LoRaWAN[®] es una tecnología que los fabricantes pueden integrar en sus dispositivos y certificarlos para garantizar la interoperabilidad.

En cuanto a las tecnologías *cellular* IoT, presentan como ventajas su escalabilidad, su inmensa huella global y la seguridad y fiabilidad inherentes a las redes de comunicación móvil. Tanto NB-IoT como LTE-M han sido desarrolladas por el 3GPP para satisfacer los requisitos de conectividad de IoT, y justifican la existencia de ambas frente a una única porque presentan características distintas para ampliar el abanico de escenarios que cubren. Mientras que NB-IoT ofrece tasas binarias muy bajas a cambio de consumos y costes muy reducidos y mayor densidad de conexiones, LTE-M ofrece mayor capacidad, menor latencia y soporte a movilidad.

2.3. 5G para IoT

Partiendo de la base de que la ITU indicó para IMT-2020 que los requisitos establecidos no aplican de manera concurrente, sino que son de aplicación según el caso de uso, para IoT masivo hay que tener en cuenta los asociados al escenario mMTC. La recomendación de la ITU M.2410 (7) concreta que el

único requerimiento es el de la densidad de conexiones, cuyo valor fija en un millón por kilómetro cuadrado. Además, es interesante destacar que el parámetro de eficiencia energética está asociado al caso de uso eMBB y no hace referencia a mMTC, cuando el consumo energético es uno de los aspectos más relevantes en IoT, como ya se ha indicado.

Teniendo esto en cuenta, con la *release* 15, el 3GPP realizó una autoevaluación de las tecnologías LTE-M y NB-IoT para analizar su rendimiento y comprobar si cumplían lo establecido para IMT-2020 para las comunicaciones de tipo mMTC. Los resultados mostraron que ambas son válidas para cubrir el requerimiento de una densidad de conexiones superior a un millón por kilómetro cuadrado, manteniendo además una latencia inferior a los diez segundos (8). Como consecuencia de estos resultados, el 3GPP ha propuesto a la ITU estas dos tecnologías como solución para cubrir el caso de uso de mMTC (asociado a IoT masivo) para IMT-2020. De hecho, el 3GPP ha acordado que los escenarios que requieran redes LPWA se seguirán abordando mediante la evolución de NB-IoT y LTE-M, descartando el desarrollo de una nueva interfaz radio (9) y reforzando la idea de que ambas soluciones forman parte de las redes de comunicación móvil 5G. Además, unido a lo anterior, es importante destacar que la interfaz radio de 5G NR se diseñó para permitir varios modelos de despliegue y uso del espectro, por lo que puede coexistir con NB-IoT y LTE-M y cubrir de esta forma los tres escenarios planteados para IMT-2020 mediante una única red 5G.

Por otro lado, si bien es cierto que el escenario habitual y clásico de IoT es aquel que requiere comunicaciones masivas entre máquinas, existen otras aplicaciones que tienen requisitos más exigentes o estrictos como soporte a la movilidad, menor latencia o mayor fiabilidad y disponibilidad. En este sentido, Ericsson define tres tipos de IoT adicionales al masivo (11):

- IoT de banda ancha: parte de los requisitos de mMTC en cuanto a cobertura y eficiencia energética, pero añade capacidades de eMBB para proporcionar comunicaciones con mayor tasa binaria y menor latencia.
- IoT crítico: adopta capacidades de URLLC para permitir latencias muy bajas (hasta 1 ms) con una fiabilidad y disponibilidad muy alta (del orden del 99.9999%), características necesarias para aplicaciones con requisitos de conectividad muy estrictos por su criticidad.
- IoT para automatización industrial: comunicaciones IoT diseñadas específicamente para aplicaciones avanzadas en el ámbito de la automatización y control industrial. Este escenario ha generado gran interés y, de hecho, el 3GPP creó un grupo de trabajo dedicado a IoT industrial con el objetivo de mejorar la fiabilidad y soportar TSN (12).

Por tanto, teniendo en cuenta los requisitos de estos tres tipos de IoT no masivo, se antoja necesario acometerlos mediante el uso de la nueva interfaz radio 5G NR por dos motivos. El primer es que ni LTE-M ni NB-IoT proporcionan las capacidades para cubrir esas necesidades porque pertenecen al segmento LPWA, orientado a comunicaciones masivas de bajo consumo y largo alcance. El segundo motivo es que, precisamente, la nueva interfaz radio 5G NR está específicamente diseñada para cubrir esos requerimientos de aplicaciones más próximas a URLLC o eMBB.

3. Resultados y discusión

Con el trabajo desarrollado, queda claro que las redes de comunicación móvil permiten (o permitirán) cubrir las diferentes necesidades de conectividad de IoT en cada una de sus vertientes.

Por un lado, NB-IoT y LTE-M están diseñadas para dar conectividad en escenarios de IoT masivo, en los que la densidad de conexiones, la eficiencia energética, la cobertura y el bajo coste son aspectos imprescindibles. Por otro lado, los otros tres tipos de escenarios IoT no masivos que se han definido no pueden cubrirse con NB-IoT o LTE-M, por lo que deberán ser acometidos por la nueva interfaz radio 5G NR. Ésta proporciona capacidades que permitirán cumplir con los requisitos de aplicaciones más exigentes en cuanto a ancho de banda, latencia, disponibilidad o fiabilidad de las comunicaciones.

Con todo ello, las tecnologías 5G definidas por el 3GPP facilitarán las comunicaciones para un amplio abanico de escenarios IoT con requisitos distintos bajo una misma red y en la que coexistirán distintas interfaces radio. Este hito es muy relevante y, teniendo en cuenta la trascendencia de la conectividad en IoT, supondrá un impacto importante en el despegue definitivo de IoT.

En primer lugar, el despliegue de 5G permitirá solventar en gran medida las dificultades existentes en la actualidad relativas a la conectividad. Estas tecnologías están estandarizadas, lo que permite la interoperabilidad entre los dispositivos y mejoras en su integración, y están diseñadas para cubrir un gran abanico de escenarios con diversos requisitos. Esto facilitará y agilizará el desarrollo de aplicaciones para IoT, evitando así el uso de varias tecnologías heterogéneas para las comunicaciones. Esto beneficiará tanto a los proveedores de soluciones IoT como a los clientes finales, ya que se reducirá el *time-to-market* de las aplicaciones y supondrá un abaratamiento de costes.

Asimismo, la tecnología 5G permite a los operadores crear redes lógicas con capacidades específicas mediante el *slicing* de la red, por lo que los proveedores de aplicaciones IoT contarán con varias fórmulas para contratar esas *slices*. Esto, unido al amplio rango de frecuencias que soporta 5G y la virtualización de las funciones de la red, posibilita que los proveedores de soluciones IoT contraten una solución de conectividad completamente a medida para cada aplicación o cliente. Además, gracias a la *softwarización* de la red y el uso conjunto de la virtualización y la computación en la nube, los desarrolladores podrán prototipar las aplicaciones y solicitar al proveedor de red el escalado de las capacidades para adecuarse a la demanda de forma ágil y dinámica.

También hay que añadir que el hecho de tratarse de redes móviles lleva una serie de ventajas implícitas, entre las que destaca la cobertura global, ya que presenta una huella tan extensa que, por defecto, habilita la conectividad en prácticamente cualquier lugar para soluciones IoT. Además, se trata de una red con un historial bien contrastado en cuanto a fiabilidad, disponibilidad y seguridad. Estas características son una razón más para que la conectividad no solo no suponga un impedimento para el despegue de IoT, sino que además lo favorezca.

Finalmente, desde el punto de vista de las operadoras, podrán proporcionar una red que cubra los distintos requisitos de las aplicaciones IoT. Teniendo en cuenta el gran volumen de conexiones que contempla el paradigma IoT y la posibilidad de ofertar redes personalizadas *ad-hoc* a los clientes, aparecen nuevas oportunidades de negocio y un mayor potencial de clientes para mejorar los resultados financieros. En este sentido, puede jugar un papel fundamental el sector industrial, el más pujante en cuanto a soluciones IoT por el creciente interés en la industria 4.0. Además, gracias a las características de 5G, podrán hacer todo ello de una forma ágil y eficiente sobre la misma infraestructura de red, reduciendo así los costes asociados a su despliegue, operación, mantenimiento y gestión.

4. Conclusiones

La primera idea clave es que 5G supone un cambio sustancial en cuanto a la evolución de las redes de comunicación móvil, ya que no solo busca mayores tasas binarias, sino también disponer de una

red flexible, potente y eficiente capaz de cubrir distintos casos de uso con requerimientos muy diversos. Como consecuencia, el 5G podrá proporcionar conectividad en los tres escenarios que se han definido: comunicaciones masivas con una gran densidad de conexiones y bajo consumo energético, comunicaciones de banda ancha móvil con tasas binarias muy elevadas y comunicaciones para aplicaciones críticas que requieren latencias muy bajas y fiabilidad y disponibilidad muy altas. El despliegue de esta nueva generación será progresivo según la capacidad de inversión disponible, y habrá varias etapas de transición en las que coexistirá con LTE.

Por otro lado, como consecuencia de estos objetivos tan ambiciosos para 5G, la arquitectura de la red cambia por completo, pasando a estar basada en microservicios virtualizados y separando el plano de control del plano de usuario, lo que permite la descentralización de la red para ganar en flexibilidad y agilidad en su mantenimiento y operación. Por tanto, puede decirse que 5G supone una *softwarización* de la red. Como consecuencia última de todo ello, se habilita el concepto del *slicing* de la red, que consiste en provisionar redes lógicas independientes con distintas capacidades adaptadas al cliente, pero operando sobre la misma infraestructura física de red.

Por otra parte, con respecto a IoT, se trata de un concepto que forma parte del conjunto de tecnologías disruptivas que culminará en la cuarta revolución industrial. Por ello hay numerosos sectores interesados en IoT para el desarrollo de nuevas aplicaciones que les permita mejorar la eficiencia y productividad de sus negocios. No obstante, para el despegue definitivo de IoT hay que considerar uno de los aspectos más críticos para el desarrollo de estas soluciones: la conectividad entre los elementos que la forman. En este sentido, destaca la existencia de una gran heterogeneidad y fragmentación de tecnologías empleadas tradicionalmente. El motivo de esto es que presentan características y limitaciones muy diversas, lo que dificulta la estandarización de soluciones, disminuye la agilidad y aumenta los costes.

Ante este escenario surgen las redes LPWA, caracterizadas por un bajo consumo energético y largo alcance, fundamentales por las características de IoT. Entre las tecnologías disponibles, destacan las basadas en el uso de espectro no licenciado (Sigfox y LoRaWAN®) y las denominadas *mobile* o *cellular* IoT desarrolladas por el 3GPP que emplean espectro licenciado (NB-IoT y LTE-M). A pesar de que todas ellas comparten las premisas LPWA, presentan algunas diferencias tanto técnicas como comerciales que hacen a unas más propicias que otras según el caso de uso.

Concretando sobre las soluciones *mobile* IoT, tanto NB-IoT como LTE-M cumplen con los requisitos estipulados por la ITU en IMT-2020 para las comunicaciones masivas. Por tanto, el 3GPP las ha incluido dentro de la especificación de las redes de comunicación móvil 5G y no contempla nuevos desarrollos en ese sentido. Sin embargo, existen otros tipos de IoT que no son exclusivamente masivos, como son el de banda ancha, el crítico o el destinado a la automatización industrial. Estos escenarios IoT presentan requisitos más exigentes y estrictos en cuanto a la conectividad que las soluciones LPWA no pueden cubrir. En ese caso será necesario recurrir a la nueva interfaz radio 5G NR, que sí está diseñada para disponer de esas capacidades.

De esta forma, 5G se postula como una solución completa y estándar para las comunicaciones en aplicaciones de IoT, lo que facilitará su despegue definitivo.

Referencias

1. GSMA. The Mobile Economy 2021. [Online].; 2021 [cited 2021 septiembre. Available from: https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2021/07/GSMA_MobileEconomy2021_3.pdf.
2. ITU-R. Recommendation ITU-R M.2083-0. [Online].; 2015 [cited 2021 octubre. Available from: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!PDF-E.pdf.
3. Guttman E. 5G Standardization in 3GPP. [Online].; 2018 [cited 2021 septiembre. Available from: https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/201807/Documents/3_Erik_Guttman.pdf.
4. Observatorio Nacional 5G. 5G e Industria 4.0: retos y oportunidades de la cuarta revolución industrial. [Online].; 2020 [cited 2021 octubre. Available from: <https://on5g.es/report/5g-e-industria-4-0/>.
5. Moxa. Achieving Interoperability for The Industrial IoT. [Online]. [cited 2021 diciembre. Available from: <https://pages.moxa.com/Achieving-Interoperability-for-the-Industrial-IoT.html>.
6. COIT. Una visión práctica de las redes LPWA en IoT. [Online].; 2020 [cited 2021 diciembre. Available from: <https://www.coit.es/noticias/una-vision-practica-de-las-redes-lpwa-en-iot>.
7. ITU-R. Report ITU-R M.2410-0. [Online].; 2017 [cited 2021 octubre. Available from: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2410-2017-PDF-E.pdf.
8. Liberg O. LTE-M and NB-IoT meet the 5G performance requirements. [Online].; 2018 [cited 2021 diciembre. Available from: <https://www.ericsson.com/en/blog/2018/12/lte-m-and-nb-iot-meet-the-5g-performance-requirements>.
9. 3GPP. Interim conclusions on IoT for Rel-16. [Online].; 2018 [cited 2021 diciembre. Available from: http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_79/Docs/RP-180581.zip.
10. Ericsson. Cellular IoT Evolution for Industry Digitalization. [Online]. [cited 2021 diciembre. Available from: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/cellular-iot-evolution-for-industry-digitalization>.
11. Vivier G. IoT: How 5G differs from LTE. [Online].; 2021 [cited 2021 diciembre. Available from: <https://www.5gtechnologyworld.com/iot-how-5g-differs-from-lte/>.