

**DOI:** 10.26820/reciamuc/6.(4).octubre.2022.169-182

**URL:** <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1076>

**EDITORIAL:** Saberes del Conocimiento

**REVISTA:** RECIAMUC

**ISSN:** 2588-0748

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Artículo de revisión

**CÓDIGO UNESCO:** 3304 Tecnología de Los Ordenadores

**PAGINAS:** 169-182



## Revisión sistemática de la literatura sobre espectro radioeléctrico en la cobertura de red 5G y su aporte en el desarrollo de las ciudades inteligentes

Systematic literature review on radio spectrum in 5G network coverage and its contribution to the development of smart cities

Revisão sistemática da literatura sobre o espectro radioeléctrico na cobertura da rede 5G e a sua contribuição para o desenvolvimento de cidades inteligentes

**Oscar Stalin Baque Pinargote<sup>1</sup>; José Efraín Álava Cruzatty<sup>2</sup>; María Magdalena Tóala Zambrano<sup>3</sup>; Kirenia Maldonado Zúñiga<sup>4</sup>**

**RECIBIDO:** 12/12/2022 **ACEPTADO:** 19/12/2022 **PUBLICADO:** 29/12/2022

1. Máster en Telecomunicaciones; Ingeniero en Sistemas; Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Técnicas, Carrera de Tecnologías de la Información; Jipijapa, Ecuador; oscar.baque@unesum.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0003-1954-211X>
2. Máster en Telecomunicaciones; Ingeniero en Telecomunicaciones; Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Técnicas, Carrera de Tecnologías de la Información; Jipijapa, Ecuador; jose.alava@unesum.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-2133-7556>
3. Máster en Seguridad y Salud Ocupacional; Ingeniera Civil; Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Técnicas, Carrera de Tecnologías de la Información; Jipijapa, Ecuador; maria.toala@unesum.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0003-4822-1155>
4. Máster en Ciencias de la Educación; Licenciada en Educación Informática; Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Técnicas, Carrera de Tecnologías de la Información; Jipijapa, Ecuador; kirenia.maldonado@unesum.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-3764-5633>

### CORRESPONDENCIA

**Oscar Stalin Baque Pinargote**

oscar.baque@unesum.edu.ec

**Jipijapa, Ecuador**

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito realizar el análisis del espectro radioeléctrico en la cobertura de red 5G y su aporte en el desarrollo de las ciudades inteligentes. El estudio está enfocado en la demanda creciente de dispositivos conectados por kilómetro cuadrado, siendo necesario un análisis comparativo con los estándares y normativas. La red 5G, en cuanto al consumo energético, es superior a la tecnología actual 4G, debido al aumento considerable de nuevas antenas que van de 100 a 300 metros de distancia entre sí, en la cual se trabaja con frecuencias mayores a 1 GHz y menores a 6 GHz, considerando que mientras más alta es la frecuencia menor es la cobertura que se tiene, pero mayor es la velocidad de transmisión de datos. La metodología utilizada en el estudio fue de revisión bibliográfica, tipo documental, en la que se analizaron resultados obtenidos, conociendo la importancia de la aplicación del espectro radioeléctrico, en las que se determinaron las frecuencias. Brindando un conocimiento teórico de la importancia de la red 5G y su aporte en el desarrollo de las ciudades inteligentes. Los resultados obtenidos dieron a conocer que esta tecnología soportará comunicaciones de una red de baja potencia, como también una red de amplia área, tomando en cuenta la latencia y velocidad apropiados. Se concluye que el alcance de la tecnología 5G en su mayoría depende del Gobierno y sus regulaciones nacionales que permitan el correcto acceso, y bajo las condiciones apropiadas la buena adjudicación del espectro radioeléctrico, este trabajo aporta al proyecto de investigación institucional: FACTORES QUE DETERMINAN LA ACEPTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CIUDADES INTELIGENTES APLICADO A ESTUDIANTES CON UN ALTO NIVEL DE EDUCACIÓN.

**Palabras clave:** Ciudades Inteligentes, Espectro Radioeléctrico, Tecnología 5G.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to carry out the analysis of the radioelectric spectrum in the 5G network coverage and its contribution to the development of smart cities, the study is focused on the growing demand for connected devices per square kilometer, requiring a comparative analysis with standards and regulations. The 5G network in terms of energy consumption is superior to current 4G technology, due to the considerable increase in new antennas that range from 100 to 300 meters apart, which works with frequencies greater than 1 GHz and less than 6 GHz, considering that the higher the frequency, the lower the coverage, but the higher the data transmission speed. The methodology used in the study was a bibliographic review, documentary type, in which the results obtained were analyzed, knowing the importance of the application of the radioelectric spectrum, in which the frequencies were determined. Providing theoretical knowledge of the importance of the 5G network and its contribution to the development of smart cities. The results obtained revealed that this technology will support communications of a low power network, as well as a wide area network, taking into account the appropriate latency and speed. It is concluded that the scope of 5G technology mostly depends on the Government and its national regulations that allow correct access, and under the appropriate conditions, the good allocation of the radio spectrum, this work contributes to the Institutional research project: FACTORS THAT DETERMINE THE ACCEPTANCE OF SMART CITY TECHNOLOGIES APPLIED TO STUDENTS WITH A HIGH LEVEL OF EDUCATION.

**Keywords:** Smart Cities, Radioelectric Spectrum, 5G Technology.

## RESUMO

O objetivo desta investigação era analisar o espectro radioeléctrico na cobertura da rede 5G e a sua contribuição para o desenvolvimento de cidades inteligentes. O estudo centra-se na procura crescente de dispositivos ligados por quilómetro quadrado, sendo necessária uma análise comparativa com as normas e regulamentos. A rede 5G, em termos de consumo de energia, é superior à actual tecnologia 4G, devido ao aumento considerável de novas antenas que variam entre 100 e 300 metros de distância, nas quais são utilizadas frequências superiores a 1 GHz e inferiores a 6 GHz, considerando que quanto maior a frequência, menor a cobertura, mas maior a velocidade de transmissão de dados. A metodologia utilizada no estudo foi uma revisão bibliográfica, de tipo documental, na qual foram analisados os resultados obtidos, conhecendo a importância da aplicação do espectro radioeléctrico, em que as frequências foram determinadas. Proporcionando conhecimentos teóricos sobre a importância da rede 5G e a sua contribuição para o desenvolvimento de cidades inteligentes. Os resultados obtidos mostraram que esta tecnologia irá apoiar as comunicações de uma rede de baixa potência, bem como uma rede de área ampla, tendo em conta a latência e a velocidade adequadas. Conclui-se que o alcance da tecnologia 5G depende principalmente do Governo e das suas regulamentações nacionais que permitem o acesso correcto, e nas condições adequadas a boa atribuição do espectro de radiofrequências, este trabalho contribui para o projecto de investigação institucional: FACTORES QUE DETERMINAM A ACEITAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE CIUDADES SMART APLICADAS A ESTUDANTES COM UM ALTO NÍVEL DE EDUCAÇÃO.

**Palavras-chave:** Cidades Inteligentes, Radio Spectrum, tecnologia 5G.

## Introducción

El futuro de la tecnología 5G no solo dependerá de las implementaciones de los operadores, sino también de la disponibilidad de dispositivos. Se prevé una mayor disponibilidad de dispositivos desarrollados con la tecnología 5G, desde teléfonos celulares hasta sensores de ciudades inteligentes, para satisfacer las demandas que surgen a partir de la tecnología 5G.

La tecnología 5G es la más reciente y pre-valeciente en la actualidad, no solo en el campo de las telecomunicaciones, sino en todos los sectores, como la atención médica, el transporte automático, las ciudades inteligentes, la gobernanza, la agricultura y demás, por lo tanto el papel de 5G sería crucial en el crecimiento y desarrollo de cada sector e industria.

5G es una tecnología de comunicación inalámbrica avanzada que utiliza varias bandas de frecuencia para múltiples propósitos y aplicaciones. 5G jugaría un papel crucial en la baja latencia, permitiendo la comunicación crítica y ofreciendo una velocidad significativamente mayor para IoT masivo. El sistema 5G incluye comunicaciones ultra confiables de baja latencia (URLLC), banda ancha móvil mejorada (eMBB) y comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC). Los rangos de bandas de frecuencia se dividen básicamente en tres niveles, bandas de alta frecuencia, bandas de frecuencia media y bandas de baja frecuencia (Biradar & Hallur, 2022)

Según (Minoli & Occhiogrosso, 2019) la tecnología (Internet de las cosas y 5G) experimentan actualmente un avance significativo, dependiendo de la cantidad de ancho de banda para una serie de aplicaciones de ciudad inteligente y edificios inteligentes, de tal modo que el concepto práctico SmartCity se vuelve un impulsor de los servicios 5G basados en banda ancha móvil mejorada.

Para Condoluci et al. (2016) las ciudades inteligentes son redes híbridas que proporcionan servicios a los usuarios finales inter-

conectados, dentro de este contexto forma parte de la quinta generación, ya que esta no se enfoca en conectar solo personas, sino usuarios, artefactos y dispositivos, generando lo que se conoce como el Internet de las cosas (IoT), lo que permitirá el desarrollo de ciudades inteligentes, asimismo la introducción de 5G y del wifi 6 ya está en marcha para aplicaciones que funcionan con IoT (Smys et al., 2021).

El proceso de migración a 5G conlleva un conjunto de acciones previas: hay que desarrollar todo un ecosistema (Shehab et al., 2022), estos entornos tecnológicos brindan una capacidad de sistema masivo con altas velocidades de datos, latencia muy corta y confiabilidad ultra alta, además de alta densidad de conexión con una experiencia positiva en ciudades inteligentes e Internet de las cosas. Por lo tanto, la 5G es la nueva generación de internet móvil, la que promete transformar el mundo de las telecomunicaciones brindando una mayor velocidad, así como cobertura más amplia y conexiones más estables. Es una evolución tecnológica, que abrirá espacios a nuevos modelos de negocio, productos, servicios y aplicaciones.

La tecnología 5G es cien veces más rápida que la 4G, se conoce que en el año 2000 la mayor velocidad de navegación se conocía como 3G y alcanzaba los 2 megabits por segundo (Mbps); desde el año 2010 la 4G es la de mayor velocidad, logra hasta 1 gigabit por segundo (Gbps) (Yang et al., 2022). El 5G ofrecerá velocidades de 10 Gbps, el tiempo de respuesta del 5G es de un milisegundo, es decir, que es 400 veces más rápido que un parpadeo, por eso se considera comunicación en tiempo real, la que permitirá: descargar películas de dos horas en tres segundos, ver 'streaming' de 400 películas de alta calidad a la vez, mejorar los tiempos de respuesta en aplicaciones móviles, controlar en tiempo real y a distancia equipos como los existentes en hospitales y fábricas, desarrollar vehículos autónomos, masificar la inteligencia artificial y la realidad aumentada e implementar el uso de internet

de las cosas (IoT). De igual manera surgen elementos como la privacidad y la seguridad de la información, factores que hay que tener en cuenta en estos entornos disruptivos (Chatterjee et al., 1 C.E.).

Las ciudades pueden definirse como “inteligentes” si cuentan con capital humano y social, infraestructura de comunicaciones (Sepasgozar et al., 2019), tanto tradicional como moderna (transporte y tecnologías de comunicación), dentro de este entorno se desarrolla gran capacidad de aprendizaje e innovación, con presencia de instituciones de investigación y desarrollo, centros de formación superior, dotado con infraestructura digital y tecnologías de comunicación, junto con un elevado nivel de rendimiento en la gestión a través de medios tecnológicos (Sharma & Singh, 2021).

Una ciudad contemporánea no la compone solamente su estructura física, también es una enorme red de ciberconexiones enfocadas a optimizar el consumo de recursos urbanos y procesos de prevención de efectos externos negativos, resultantes del funcionamiento de la ciudad, conforme con la idea de desarrollo sostenible.

En la última década, han aparecido conceptos orientados al ahorro de recursos. Uno de estos conceptos es el de crecimiento inteligente, como método de planificación especial y de planificación de redes de transporte, para evitar el incremento de costes resultantes de la expansión territorial de las ciudades (Yu, 2022). Cada vez con más frecuencia, se destaca a las ciudades avanzadas tecnológicamente, como ciudades inteligentes, que se esfuerzan por ahorrar todo tipo de recursos como, financieros, tiempo o energía.

El concepto ciudad inteligente, es un tema de mucha importancia en la última década, en su aspecto básico debe suministrar a las autoridades públicas soluciones que permitan convertir la ciudad en un entorno acogedor y respetuoso, facilitando mejoras en los servicios públicos y calidad de vida. Por lo tanto el capital humano y social, un entorno

natural limpio y un transporte eficiente, son los principales factores en las áreas urbanizadas tecnológicamente (Vo et al., 2018).

Las ciudades son el cimiento del mundo civilizado, fruto de una extraordinaria cooperación, para lograr un lugar de concentración de actividades, incubadoras de nuevas ideas y fuerza propulsora del crecimiento económico. El proceso de urbanización es un rasgo de la civilización contemporánea. Su transcurso y carácter están ligados estrechamente con la globalización y el avance tecnológico. Durante décadas, la atención de los científicos y autoridades estaba centrada en responder a la pregunta de cuál es la fuente de desarrollo de las ciudades y áreas urbanas y también sobre cómo la calidad de sistemas de suministro de bienes y servicios urbanos afecta la calidad de vida. El capital social, el conocimiento y las tecnologías avanzadas permiten ahorrar tiempo y energía, se incluyen cada vez con más frecuencia, entre los factores más importantes que sostienen el desarrollo de centros urbanos.

La era de las telecomunicaciones ha hecho grandes progresos y la evolución tecnológica de la red de telefonía móvil ha llevado a la aparición de nuevos dispositivos y nuevos servicios. Cada generación de red móvil (2G, 3G, 3G+, 4G, etc.) corresponde a una nueva tecnología (GSM, GPRS, Edge, UMTS). Con cada evolución tecnológica, la red móvil gana en rendimiento, es decir, los datos transitan más rápido. Estos avances mejoran la calidad del servicio existente y permiten nuevos usos, como: internet móvil, videollamada, videoconferencia, etc. (Telecomunicaciones, 2020).

Con el 5G se aumentará exponencialmente el número de dispositivos conectados; vehículos, paradas de buses inteligentes, robots, lavadora, nevera, sistemas de monitoreo de salud, etc., y así una infinidad de dispositivos futuristas que en un pasado no se hubiera imaginado que existirían (Dogra et al., 2021).

Esta nueva generación de redes móviles es más disruptiva que las anteriores ya que introduce, más que solamente un aumento importante de velocidad de transmisión de datos, sino especificaciones altamente transformadoras en las comunicaciones inalámbricas móviles y fijas. Estas transformaciones, como el bajo retardo, la segmentación de redes virtuales configurables en vivo y la computación profunda en el borde, entre otras, habilitan y son impulsoras de otras tecnologías como la inteligencia artificial, la gestión de los grandes datos, la automatización, la virtualización de redes, y toda la gama de aplicaciones críticas. Por todas estas razones es esencial su despliegue en las ciudades inteligentes. Estos aspectos son analizados junto con las comparaciones ventajosas de costos en la prestación de la banda ancha fija, lo que agrega una alternativa importante frente a las redes cableadas en la universalización de la banda ancha, lo que es la base de la ciudad inteligente (Latina & De León, 2011).

Su despliegue en las ciudades, le da sustento a la habilitación de aplicaciones críticas de la Internet de las cosas, como todo lo relacionado al tráfico sofisticado y la automatización de procesos donde intervienen equipos ciber físicos, la optimización del uso de recursos de telecomunicaciones, la creación y gestión de un centro de operación inteligente, la supervisión permanente del estado de las rutas, el estacionamiento inteligente, los sistemas altamente eficientes y automatizados de seguridad pública, entre otros. El despliegue de 5G es aún incipiente en la mayoría de los países de la región, con un par de avances importantes incluyendo la internalización del valor del espectro en la instancia de las asignaciones, con el objetivo de la universalización. Esta situación se inserta en una disparidad similar a nivel internacional, por ejemplo, Corea del Sur tiene la mayor cantidad de estaciones base 5G por habitante: 13 veces más que la UE y 20 veces más que los Estados Unidos, mientras que los Estados

Unidos han asignado la mayor cantidad de espectro en la banda milimétrica: cuatro bandas en total, en comparación con una en la UE y ninguna en China (CEPAL, 2022).

El espectro radioeléctrico, se define, según David Tejeda Méndez (2019), como el espacio que permite la propagación, sin guía artificial, de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente por debajo de los 3.000 gigahertz (GHz). En sentido similar, (ARCOTEL, 2017) define que el espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3.000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial. Adicionalmente, este organismo apunta que a través del espectro radioeléctrico es posible brindar una variedad de servicios de telecomunicaciones que tienen una importancia creciente para el desarrollo social y económico de un país (ARCOTEL, 2017).

Por otro lado, la aparición en escena de nuevos servicios, como los sistemas de comunicación móviles, tecnologías 5G, así como el Internet de las cosas (IoT), que incrementan la demanda en la utilización del espectro radioeléctrico (Tejeda, 2019), hacen suponer que Ecuador requiere de suficiente cantidad de espectro radioeléctrico, para adecuarse a los nuevos tiempos y, a la vez, cubrir las demandas que supone la brecha digital existente en la nación.

En Ecuador, es una preocupación el tema de la 5G por el costo que este implica, el Ministerio de Telecomunicaciones ha realizado un estudio, en el que se identificó los elementos necesarios para el uso de la quinta generación de tecnologías, también es preocupación el costo del espectro radioeléctrico para implementar la 5G, factor fundamental para que se amplíe la red actual y se implemente la nueva tecnología.

## Metodología

Esta investigación se realizó, con el fin de conocer elementos importantes respecto al análisis del espectro radioeléctrico en la cobertura de red 5G y su aporte en el desarrollo de las ciudades inteligentes en el Ecuador. La metodología utilizada para el desarrollo del estudio fue de una revisión bibliográfica de tipo documental RSL (Benet Rodríguez et al., 2015), en la que se analizaron resultados obtenidos, conociendo normas y estándares utilizados para la aplicación del espectro radioeléctrico, en las que se determinaron las frecuencias dentro de los lineamientos internacionales para su implementación. Brindando un conocimiento teórico de la importancia de la red 5G y su aporte en el desarrollo de las ciudades inteligentes. La técnica para la recolección de datos está constituida por materiales electrónicos, estos últimos como Google Académico, Dialnet, Scielo, Scopus y Web of Science, reglamentos y normas de la legislación ecuatoriana.

Se utilizaron métodos de la investigación científica tales como: métodos de nivel teórico:

**Análisis - síntesis:** se utilizó el análisis para determinar el espectro radioeléctrico en la cobertura de red 5G y su aporte en el desarrollo de las ciudades inteligentes.

**Histórico - lógico:** se usó en la búsqueda de investigaciones relacionadas a la red 5G.

### Métodos del nivel empírico

**Revisión bibliográfica:** Se utilizó en la fase de recopilación de la información del tema para la elaboración de la investigación, mediante libros, revistas de carácter científico, internet, entre otros documentos.

## Resultados

Considerando las diferentes publicaciones recientes sobre el desarrollo de la 5G en el mundo, se han seleccionado como referencia el conjunto de informaciones provistas por el Observatorio Europeo de la 5G<sup>14</sup>,

por 5G Americas<sup>15</sup> y por la GSA<sup>16</sup>. El primero incluye información actualizada con foco en Europa y de varios países referenciales en el mundo, publicado en enero de 2022. Por otra parte, 5G Américas provee información, actualizada al 15 de marzo de 2022, de redes mundialmente desplegadas y comercialmente activas usando la LTE y la 5G, con detalles por país y por operador para LAC. GSA presenta información sobre redes existentes (CEPAL, 2022).

A nivel global se observa que el 50% de los operadores que disponen de redes LTE, o prevén de diversas maneras su despliegue, están en la misma situación en cuanto a despliegues de 5G. Esto muestra un dinamismo hacia esta nueva generación superior al observado un par de años antes. A los efectos de tener otra óptica del avance relativo de las redes 5G, y principalmente en LAC, en el cuadro 2 se presenta la información al 15 de marzo de 2022, publicada por 5G Americas, sobre los despliegues de redes comerciales activadas de LTE y 5G a nivel mundial. En este sitio es posible conocer además los despliegues de cada empresa por país en las diversas regiones del mundo. Es conveniente observar que en esta información no se consideran las redes que aún no han sido comercialmente activadas, las que sí se encuentran en la información anterior de la GSA. (CEPAL, 2022)

Redes comerciales activadas en el mundo

Regiones			Porcentaje 5G/LTE
África	157	8	5%
Asia	139	44	32%
Europa	172	100	58%
Latinoamérica	127	22	17%
Medio Oriente	46	22	48%
Oceanía	38	8	21%
EE.UU. y Canadá	19	12	63%
Total global	698	216	31%

**Figura 1.** Redes comerciales activadas en el mundo

**Fuente:** Latina & De León (2011).

En la figura 1, se observan dos cuestiones de interés: el porcentaje de redes 5G sobre las de LTE baja al 31% pues se consideran solamente las redes activas (5gamericas.org, 2022), Latinoamérica se encuentra con un grado de despliegue de 5G inferior a los países más avanzados. No se dispone de información desagregada de redes planificadas, inversión en espectro, y demás etapas intermedias de despliegue.

### Análisis de cobertura

Es importante empezar señalando que la cobertura de este servicio de acuerdo con el Reglamento para otorgar títulos habilitantes para servicios del régimen general de telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico, en su ficha descriptiva consta “Área geográfica a asignarse para la prestación del servicio móvil avanzado” como nacional por lo cual el análisis de este servicio corresponde a todo el territorio geográfico del país. Como una aproximación, se ha considerado que, para el servicio móvil avanzado, equivale a “parroquia cubierta” donde se encuentra instalada por lo menos una radiobase, independientemente de parámetros como: cobertura efectiva, extensión territorial, número de ha-

bitantes, tráfico, tecnología, entre otros, lo cual, permite determinar en cierta medida la cobertura actual del servicio.

En la figura 2, se presenta la evolución de las radios bases instaladas en el territorio nacional, para el período 2008-2020 (meses de marzo de cada año). Presentando que a marzo de 2020 existe un total de 18.857 radio bases con un crecimiento del 10,48% en relación con marzo de 2019, cuando existían 17.069 radio bases. Junto con ello se puede apreciar el notable incremento que ha marcado la instalación de radio bases en el país durante los últimos trece años, registrando para el año 2020, un total de 15.569 radio bases más que en el año 2008 (Telecomunicaciones, 2020).

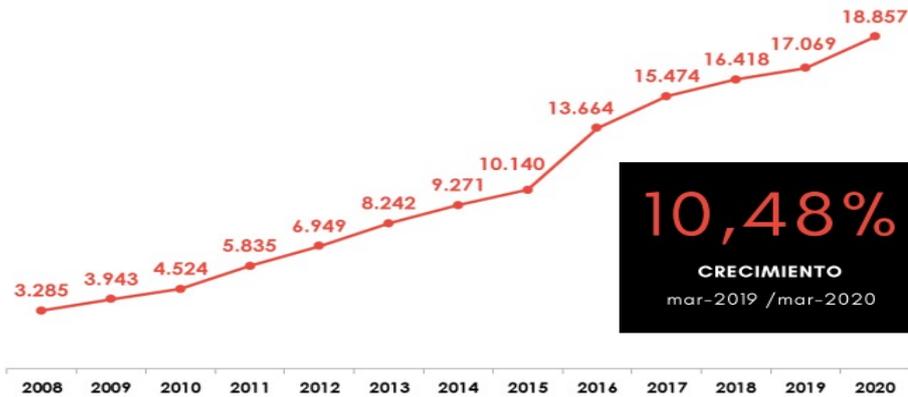


Figura 1. Evolución radiobases instaladas por las operadoras del SMA 2008 - 2020 (marzo de cada año)  
Fuente: ARCOTEL,  
Elaboración: CRDM

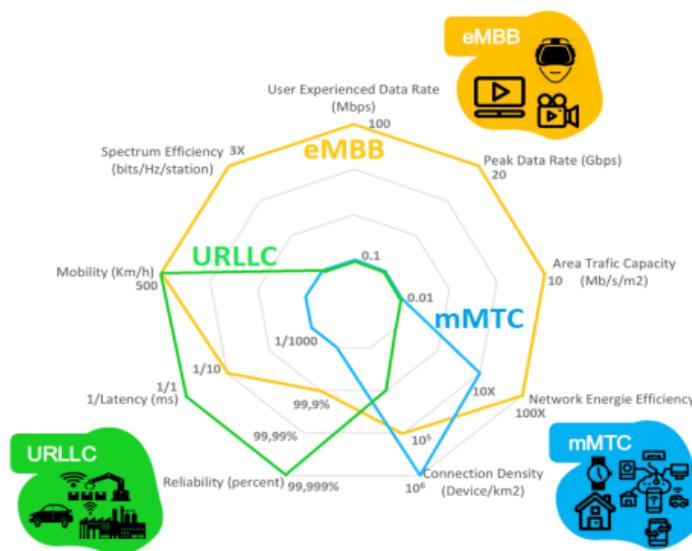
**Figura 2.** Radio bases instaladas en el territorio nacional

**Fuente:** Autores

Hoy, 5G ofrece una variedad de servicios diseñados para satisfacer las necesidades de varios sectores. De hecho, además del clásico servicio de telefonía y transferencia de archivos, 5G proporciona la conectividad de ciudades inteligentes y vehículos autónomos, objetos conectados, realidad aumentada, y la industria 4.0.

Las tres categorías principales de la red 5G eMBB (banda ancha móvil mejorada), URLLC (comunicaciones ultra confiables y de baja latencia), mMTC (comunicaciones

masivas de tipo máquina), se muestran en la figura 3. Además de estas categorías, se han utilizado otros ocho indicadores clave de rendimiento para resaltar claramente las diferentes necesidades del mercado 5G. Sin embargo, cumplir todos estos criterios sería inviable, lo que explica el enfoque seguido por la red 5G que considera un sistema polimórfico para definir varias declinaciones; cada uno puede cumplir un cierto número de restricciones al usar una configuración bien determinada de la red 5G (Ftaimi A., 2022).



**Figura 2.** KPI 5G

**Fuente:** Ftaimi A. (2022).

- **Banda ancha móvil mejorada (eMBB)**

Esta configuración se especificó en la versión 15, que se produjo en 2018 durante la primera fase del proceso de estandarización 3GPP. En este caso, el rendimiento del usuario es privilegiado sobre la latencia, la densidad de terminales y la fiabilidad. Esta declinación permite velocidad máxima de datos de hasta 20 Gbps y velocidad de datos experimentada por el usuario de hasta 100 Mbit/s. Fue diseñado para satisfacer la necesidad de alto rendimiento requerido en la computación en la nube móvil, dispositivos inteligentes y aplicaciones de transmisión UHD (Ftami A., 2022).

- **Comunicación de tipo máquina masiva (mMTC)**

Se especificó durante 2020 en la versión 16. Esta configuración no está tan relacionada con velocidad máxima de datos y capacidad de tráfico, sino más bien con la densidad de terminales a gestionar y eficiencia energética. Permite un millón de conexiones por kilómetro y una batería de vida útil de diez años. Se propuso ofrecer una solución adecuada a la expansión número de dispositivos conectados en hogares inteligentes, ciudades inteligentes, salud electrónica y dispositivos portátiles (Ftami A., 2022).

- **Comunicación ultra confiable de baja latencia (URLLC)**

Esta configuración también se especifica en la versión 16. En este caso, el foco ya no está en el rendimiento y la densidad de los terminales, sino principalmente en la confiabilidad, movilidad y latencia de la red. URLLC puede alcanzar una latencia de un milisegundo y una fiabilidad de 10<sup>-9</sup> Tasa de error. Esta configuración está más adaptada a los vehículos inteligentes y la automatización industrial. 5G está potenciado por varias tecnologías. Sin embargo, sobre todo, su revolucionario enfoque proviene de su confianza en un trío importante: computación en la nube, virtualización y el desarrollo de software.

La arquitectura convencional de la red de acceso y la red central ya no se mantiene en la red 5G. En cambio, la nube de la red 5G ha permitido la fusión del control y la gestión del sistema. funcionalidades y ha acercado las capacidades informáticas al usuario final para satisfacer las necesidades en términos de latencia y rendimiento, y disponibilidad en el borde de la red. En paralelo a la cloudificación de la red, la softwareización es un nuevo enfoque implementado en redes 5G para ofrecer una gran flexibilidad y alta adaptabilidad de los componentes de red. Se trata de emplear programas de software para proporcionar las funcionalidades ofrecidas por equipos y servicios de red, este enfoque requiere un rediseño completo de las redes.

Sin embargo, ofrece muchas ventajas para simplificar operaciones de gestión complejas, como la coordinación y el equilibrio de carga entre los componentes de la red. La virtualización ha contribuido significativamente a la transformación de los nodos físicos, realizar operaciones complejas en bloques de software que se pueden agrupar fácilmente y combinados para crear operaciones de red sofisticadas. De esta forma, NFV (Network Virtualización de funciones) alivia la dependencia que siempre ha existido en los componentes de hardware de la red para garantizar una mayor flexibilidad y una alta funcionalidad y eficiencia de la red. Sin embargo, estas tecnologías están altamente correlacionadas en la red 5G. Requieren potentes recursos informáticos para orquestar entre NFV, optimizar recursos y automatizar tareas complejas de manera eficiente, de ahí la necesidad crucial de aprovechar el potencial de las redes de aprendizaje profundo para cumplir con tales tareas (Ftami A., 2022).

### **El rol del 5G en las ciudades inteligentes**

Se considera que la conectividad del 5G impulsará a las ciudades inteligentes. Los elementos que componen el Internet de las cosas (IoT), los cuales permiten que obje-

tos y entornos recojan, produzcan y comuniquen información en red, tendrían desempeños mejorados con cobertura 5G.

Con estos antecedentes algunos ejemplos de la importancia del 5G en las ciudades inteligentes incluyen:

### Vehículos sin conductor y vías inteligentes

Los vehículos autónomos de nivel 5 que se conducen por sí mismos no solo emiten grandes cantidades de datos, sino que necesitan comunicarse eficientemente con su entorno. IoT para ciudades inteligentes incluye semáforos, alumbrado público, sensores en las calles y otros vehículos. Por su parte, las vías inteligentes buscan enviar señales de su estado para mejorar la seguridad y la movilidad de las personas. Ambas soluciones necesitan las latencias mínimas del 5G. (telefonica, 2021)

### Cuidado de la salud

Las ciudades inteligentes abarcan el cuidado de la salud de sus habitantes. Los servicios remotos de salud también necesitan la latencia reducida 5G. Un ejemplo de ello es la terapia física con realidad virtual (Baudier et al., 2020).

### Industrias inteligentes

Las industrias son parte del entramado de una ciudad inteligente. La cobertura 5G representa progreso para ellas por sus aportes a la automatización de procesos. También por su capacidad de ofrecer comunicación masiva entre máquinas. Este

atributo también contribuye a edificios inteligentes, manejo de flotas vehiculares y de logística, y monitoreo de calidad de aire y agua (telefonica, 2021).

### Internet para hogares

Una conexión de alta velocidad y capacidad no solamente es positiva para los usuarios, sino para la infraestructura urbana. Los proveedores de Internet 5G no necesitan instalar líneas de fibra óptica por las calles. Solamente deben conectarlas a sitios de célula dispersados por el área y entregar a sus usuarios módems inalámbricos (Telefónica, 2021).

La tecnología 5G soportará comunicaciones de una red de baja potencia, como también una red de amplia área, tomando en cuenta la latencia/velocidad apropiados. Esto haría que las operadoras de mercado ofrezcan soluciones para aplicaciones de bajo ancho de banda y de baja potencia.

Los elevados costos de operación e instalación de la tecnología 5G, son las principales causas para que se demore varios años en operar en las principales ciudades de América Latina.

Es importante conocer que, para alcanzar una buena cobertura, el 5G necesita una cantidad mayor de células, por lo tanto, consumiría entre dos o tres veces más de energía, aumentando el costo de operación, y por tal motivo la mayoría de los usuarios no está dispuesto a pagar más por una velocidad mayor.

### Funcionamiento de la red móvil

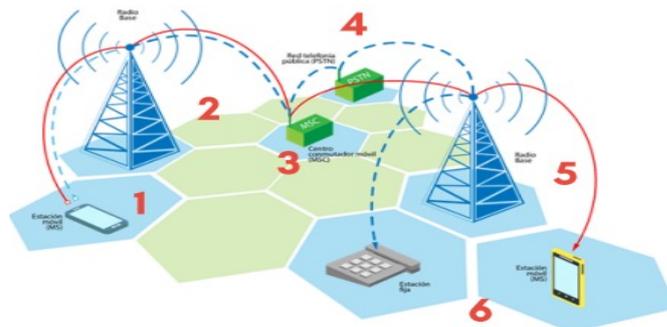


Figura 4. Red móvil

Fuente: Autores.

La figura 4, denota elementos esenciales de una red móvil especificando elementos interconectados de forma integral y sistemática, cuyo proceso de destalla a continuación:

1. La llamada inicia al usar el terminal móvil (estación móvil MS).
2. La llamada es captada por la antena de transmisión más cercana.
3. La llamada es enviada al Centro Conmutador Móvil MSC.
4. La llamada se envía a la red de telefonía pública (PSTN).
5. La llamada pasa por otras antenas y centrales o hasta la misma red fija convencional
6. La llamada llega al teléfono con el que se desea hablar sea fijo o móvil.

La 5G en el mundo, comenzó a estudiarse hace una década y en 2019 su aplicación definitiva. Países como Corea del Sur, Estados Unidos, Australia, Japón y China son los pioneros en implementar la quinta generación en su territorio. En 2020 comenzará a masificarse progresivamente en países como Corea del Sur y Estados Unidos. Entre 2020 y 2021 países como China, Japón y algunas zonas de Europa ya tendrán desplegada la tecnología 5G.

En 2023, la tecnología para 5G estará desarrollada en Ecuador, según el Intel. En 2025 habrá más de 60 millones de conexiones 5G en América Latina, según GSMA, una asociación que representa los intereses de operadores móviles de todo el mundo. En 2025 el 40% de la población latinoamericana tendrá acceso al 5G La asociación mundial GSMA estima que en 2025 la cobertura de quinta generación alcance a más del 40% de la región. Países como Brasil, México, Argentina, Colombia, Chile y Perú han realizado pruebas para implementar el 5G desde 2016. A inicios de 2019, la operadora Antel (Uruguay) lanzó el servicio 5G para una parte de ese país. México tiene

previsto comenzar la primera fase de lanzamiento de servicios comerciales de 5G en 2020 con las operadoras Telcel y AT&T. En esa fase solo alcanzará al 3% de la población. La operadora Movistar tiene planes de lanzar la tecnología 5G en 2020 en Perú, según la asociación GSMA. Aunque Brasil fue el primero en hacer las pruebas de la quinta generación en 2016, el lanzamiento de estos servicios se prevé para 2023.

Ecuador recibe la valoración de las Bandas 2.5 GHz y 700 MHz y abre el camino para la Renegociación de Contratos con las operadoras de Servicio Móvil Avanzado y nuevos servicios Ecuador recibió de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) el informe de valoración de las bandas 2.5 GHz (gigahercios) y 700 MHz (megahercios) y solicitó al ente especializado de la Organización de las Naciones Unidas que igualmente haga la tasación de las bandas 3.5 GHz y otras bandas del espectro radioeléctrico. De esta manera, el país abrió el camino para la renegociación de los contratos de concesión con las operadoras de redes móviles, que terminan en el 2023, lo que permitirá a su vez la incorporación de nuevos actores al mercado y el futuro despliegue de la quinta generación de tecnologías (5G).

El ministro de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, Andrés Michelena, y el director ejecutivo de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), Xavier Aguirre, recibieron el estudio técnico avalado por la UIT, en un evento desarrollado en Quito, al que asistieron autoridades, operadores, asociaciones, líderes de opinión y medios de comunicación.

El ministro Michelena destacó que esta valoración servirá de base para el proceso competitivo de renegociación de los contratos con las operadoras, y la apertura del país a la tecnología 5G. "Hoy damos inicio a lo que a la postre será la renegociación de los contratos con las operadoras, con absoluta transparencia a través de organismos internacionales, nada a escondidas o

en pasillos, sino con una valoración absolutamente transparente para que se pague (por el espectro) su valor real... estamos poniendo la casa en orden con transparencia, como fue la disposición del presidente Lenín Moreno”, acotó.

La valoración de las bandas marca un nuevo hito en el sector de las telecomunicaciones, pues representa el primer paso para que el Estado ecuatoriano realice una asignación eficiente del espectro, que maximice el bienestar social, promoviendo el desarrollo de una política pública de equidad digital, la mejora de los servicios de telecomunicaciones móviles y el fomento de nuevas ofertas para los usuarios, especialmente en las zonas rurales, urbano marginales y de frontera.

El informe de la UIT es garantía de certidumbre técnica y jurídica sobre los requisitos y condiciones a tener en cuenta en el proceso de asignación y subasta de los bloques que se asignarían en las bandas analizadas. El precio fijado es reservado al igual que el que surja de la valoración de las bandas 3.5 GHz; 850; 900 AWS y 1900, que se realizará este año y serán los principales insumos del próximo Gobierno, que asumirá en mayo, para definir el proceso competitivo que instrumentará para renegociar los contratos con las operadoras que prestan servicios actualmente y la apertura del país a la tecnología 5G.

La ruta, entonces, ha sido trazada con transparencia, eficiencia, garantía técnica y sin vicios de corrupción. La eficacia en la fijación de los precios del espectro en el Ecuador fomentará una mejor calidad y mayor asequibilidad de los servicios móviles, aseguró el ministro Michelena.

Aguirre, por su parte, destacó que durante más de 18 años no se había realizado una valoración en el país del espectro radioeléctrico, haciendo hincapié en que con este proceso las bandas de 2.5 GHz (gigahercios) y 700 MHz (megahercios) podrán salir a subasta. “Esta es además la puerta de entrada para la renovación de los contratos con las

operadoras ya que da la pauta para establecer los costos del espectro... abrir nuevas bandas de espectro fomenta la infraestructura, el desarrollo de las operadoras con mejores servicios a los ciudadanos”, manifestó.

La valoración se realizó considerando el Modelo Bottom-Up, el Flujo Descontado de Caja y finalmente sobre el Valor del Espectro.

### **El nuevo reglamento de tarifas de servicios de telecomunicaciones**

El nuevo Reglamento de Tarifas será una realidad, en Ecuador tras 18 años de inercia política, gracias a la decisión del Gobierno Nacional, donde se definen el cambio de filosofía y del esquema, de una estructura impositiva y recaudatoria del Estado a un esquema que favorece la inversión y reinversión, estimula la expansión de servicios en favor del usuario, y estimula la inversión en zonas priorizadas rurales, urbano-marginales y de frontera.

En el evento, la ARCOTEL inició también el proceso de socialización del Nuevo Reglamento de Tarifas de los Servicios de Telecomunicaciones, que regula los valores que pagan los operadores por el uso del espectro radioeléctrico. En este caso, la propuesta del Ejecutivo contempla una reducción con respecto al reglamento vigente que data de 2003.

“Esta administración espera obtener un reglamento acorde a las necesidades de las nuevas tecnologías, conjuntamente con la academia hemos trabajado para dar cumplimiento a los requerimientos. Como ARCOTEL nos hemos comprometido y hemos asumido la responsabilidad decisiva de generar este nuevo Reglamento de Tarifas para beneficio de la ciudadanía”.

Los conceptos que definen el nuevo esquema son:

- Cambia la filosofía y el esquema: de una estructura impositiva y recaudatoria del Estado per se, a un esquema que favorece la inversión y reinversión.

- Se estimula la expansión de servicios en favor del usuario.
- Se estimula la inversión en zonas priorizadas, rurales, urbano-marginales y de frontera.

La reducción en estas tarifas a las operadoras fomentará el despliegue de servicios e infraestructura en zonas rurales y urbano-marginales, y generará menores costos a los usuarios de los servicios de telecomunicaciones que viven en las zonas priorizadas. Así como valores diferenciados para servicios como el Internet de las Cosas (IoT) y la propagación de nuevas tecnologías.

### **Conclusiones**

Se concluye con el análisis del espectro radioeléctrico en la cobertura de red 5G y su aporte en el desarrollo de las ciudades inteligentes.

Se conoció que la tecnología 5G, se extiende en las siguientes bandas 3,3 GHz a 4,2GHz, de 24,25 GHz a 29,5 GHz y 37 GHz a 43,5 GHz, esta información es importante para saber los sitios en los cuales se podría implementar la 5G, teniendo en cuenta, lineamientos internacionales que permitan la existencia de la red.

El alcance de la tecnología 5G en su mayoría depende del Gobierno y sus regulaciones nacionales que permitan el correcto acceso, y bajo las condiciones apropiadas la buena adjudicación del espectro radioeléctrico.

Se considera brindar a los usuarios una mejor velocidad, alcance y calidad, con los rangos: mayor a 6 GHz, entre 1-6 GHz y menor a 1 GHz.

Es necesario el uso compartido del espectro radioeléctrico entre operadoras de servicios móviles para lograr el máximo potencial de la red 5G.

### **Bibliografía**

- Baudier, P., Ammi, C., & Deboeuf-Rouchon, M. (2020). Smart home: Highly-educated students' acceptance. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119355. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.043>
- Benet Rodríguez, M., Zafra, S. L., Patricia, S., & Ortega, Q. (2015). Revista Logos Ciencia & Tecnología. Artículo de reflexión Dirección Nacional de Escuelas / Vicerrectoría de Investigación 101 La revisión sistemática de la literatura científica y la necesidad de visualizar los resultados de las investigaciones. The systematic review of the scientific literature and the need to visualize the results of the investigations. A revisão sistemática da literatura científica e da necessidade de visualizar os resultados das investigações, 7(1). <https://doi.org/10.2436/20.8030.02>
- Biradar, S. B., & Hallur, G. G. (2022). Economic Implication of Spectrum Bands used in 5G: A multi country study of spectrum allocation. 2022 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications, DASA 2022, 584-590. <https://doi.org/10.1109/DASA54658.2022.9765228>
- Chatterjee, S., Kar, A. K., & Gupta, M. P. (1 C.E.). Critical Success Factors to Establish 5G Network in Smart Cities: Inputs for Security and Privacy. <https://Services.Igi-Global.Com/Resolvedoi/Resolve.aspx?Doi=10.4018/JGIM.2017040102>, 25(2), 15-37. <https://doi.org/10.4018/JGIM.2017040102>
- Condoluci, M., Sardis, F., & Mahmoodi, T. (2016). Softwarization and virtualization in 5G networks for smart cities. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 169, 179-186. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-47063-4\\_16/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-319-47063-4_16/COVER)
- David Tejada Méndez. (2019). Reordenamiento del espectro radioeléctrico como método de gestión nacional para liberar espectro para la implementación de servicios móviles. <https://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1027/554>
- Dogra, A., Jha, R. K., & Jain, S. (2021). A Survey on beyond 5G Network with the Advent of 6G: Architecture and Emerging Technologies. *IEEE Access*, 9, 67512-67547. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3031234>
- Latina, A., & De León, O. (2011). Redes 5G en América Latina: desarrollo y potencialidades. [www.is-suu.com/publicacionescepal/stacks](http://www.is-suu.com/publicacionescepal/stacks)

- Minoli, D., & Occhiogrosso, B. (2019). Practical Aspects for the Integration of 5G Networks and IoT Applications in Smart Cities Environments. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5710834>
- Sepasgozar, S. M. E., Hawken, S., Sargolzaei, S., & Foroozanfa, M. (2019). Implementing citizen centric technology in developing smart cities: A model for predicting the acceptance of urban technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.09.012>
- Sharma, A., & Singh, P. K. (2021). UAV-based framework for effective data analysis of forest fire detection using 5G networks: An effective approach towards smart cities solutions. *International Journal of Communication Systems*, e4826. <https://doi.org/10.1002/DAC.4826>
- Shehab, M. J., Kassem, I., Kutty, A. A., Kucukvar, M., Onat, N., & Khattab, T. (2022). 5G Networks Towards Smart and Sustainable Cities: A Review of Recent Developments, Applications and Future Perspectives. *IEEE Access*, 10, 2987-3006. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3139436>
- Smys, S., Wang, H., & Basar, A. (2021). 5G Network Simulation in Smart Cities using Neural Network Algorithm. *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*. <https://doi.org/10.36548/jaicn.2021.1.004>
- Vo, N. S., Duong, T. Q., Guizani, M., & Kortun, A. (2018). 5G optimized caching and downlink resource sharing for smart cities. *IEEE Access*, 6, 31457-31468. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2839669>
- Yang, C., Liang, P., Fu, L., Cui, G., Huang, F., Teng, F., & Bangash, Y. A. (2022). Using 5G in smart cities: A systematic mapping study. *Intelligent Systems with Applications*, 14, 200065. <https://doi.org/10.1016/J.ISWA.2022.200065>
- Yu, M. (2022). Construction of Regional Intelligent Transportation System in Smart City Road Network via 5G Network. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. <https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3141731>



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.

### CITAR ESTE ARTICULO:

Baque Pinargote, O. S., Álava Cruzatty, J. E., Tóala Zambrano, M. M., & Maldonado Zúñiga, K. (2022). Revisión sistemática de la literatura sobre espectro radioeléctrico en la cobertura de red 5G y su aporte en el desarrollo de las ciudades inteligentes. *RECIAMUC*, 6(4), 169-182. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(4\).octubre.2022.169-182](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(4).octubre.2022.169-182)