

# **5G, la gran apuesta de Colombia a la era digital**



**UNIVERSIDAD MILITAR  
NUEVA GRANADA**

**AUTOR**

**JUAN PABLO SIERRA ROJAS**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

Director:

**LEONARDO JUAN RAMIREZ LOPEZ**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

**BOGOTÁ, 21 DE ABRIL 2020**

# 5G, la gran apuesta de Colombia a la era digital

Sierra Rojas Juan Pablo  
[u1400923@unimilitar.edu.co](mailto:u1400923@unimilitar.edu.co)

## 5G en Colombia

Hoy día, se encuentra en desarrollo una nueva generación de telefonía móvil, la cual pretende optimizar diversos procesos como, la manufactura industrial, la movilidad inteligente, el monitoreo de la salud y de los ecosistemas de forma remota, robustecer el mercado tecnológico, agilizar la transferencia de información entre empresas [1]. En consecuencia, mejorará la experiencia del usuario final con los servicios que operen con este tipo de redes.

Con respecto a la quinta generación de telefonía móvil -5G, aún ésta presenta poca cobertura a nivel mundial, se espera que llegue a expandirse en el año 2020, y a su vez permita comunicaciones predominantes, además de hacer uso de una tecnología disruptiva en lugar de una evolutiva. La cual se basa en la inserción de efectos espectrales, la evolución de esquemas de espectro, la agregación de portadores y una antena avanzada [2]. En cuanto a Colombia, se está preparando para la incorporación de dicha tecnología, que a propósito representa avances en la industria automotriz, en el Internet de las cosas–IoT, y en la seguridad de información de diferentes categorías. Ahora bien, la Agencia Nacional del Espectro –ANE, ha recogido las pruebas que las grandes empresas de telecomunicaciones han desarrollado en el territorio nacional para la planificación de la subasta de espectros, basándose en la resolución aprobada en el presente año 2020, con la finalidad de otorgar los permisos pertinentes para el aprovechamiento del espectro radioeléctrico a nivel nacional entre las bandas Súper Alta Frecuencia (por sus siglas en ingles Super High Frequency) –SHF y Frecuencia Extremadamente Alta (por sus siglas en ingles Extremely High Frequency) –EHF en diferentes rangos [3].

5G se basa en una arquitectura plana con una estación base combinada, acompañada de un controlador denominado como red de acceso a la nube por radio (por sus siglas en ingles Cloud Radio Access Network) –C-RAN. Por lo que se refiere a comunicaciones predominantes máquina a máquina (por sus siglas en ingles Machine to Machine)– M2M, 5G utiliza una tecnología disruptiva en lugar de evolutiva, que por cierto cuenta con un enfoque en diversas áreas entre las cuales se incluyen el acceso aéreo, dúplex, esquemas, y un rango extremadamente amplio de espectro. Conviene destacar que este se fundamenta en la nube gestión, creación de aplicaciones y soporte Tecnologías de Radio de Múltiple Acceso (por sus siglas en inglés Support Multiple Radio Access Technologies) –RATs [4]. Que conlleva mejoras significativas en los siguientes aspectos:

Para comenzar, en los efectos espectrales, su eficiencia se radica en la optimización en el ancho de banda, mediante un canal y se mide como bps/Hz, este avance parte de los esquemas de modulación, además de esto 5G vincula otra alternativa de usar la Modulación por Desplazamiento de Amplitud y Fase (por sus siglas en ingles Amplitude and phase-shift keying)–APSK, de manera dinámica durante algunas condiciones de ruido. Por cierto, la

recopilación de una variación de estructuras de modulación permite al sistema optimizar la eficiencia espectral.

En cuanto al intercambio dinámico de espectro, es una tecnología clave para satisfacer las altas demandas de velocidad, estos requerimientos se pueden satisfacer por medio de la implementación de sistemas de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal Filtrada (por sus siglas en inglés Filtered - Orthogonal Frequency Division Multiplexing)– Filtered –OFDM, que aprovecha al máximo los recursos de frecuencia y brinda la asignación de espectro de manera dinámica. Por otra parte, si se aumenta el número de portadoras, se alcanza un avance en la combinación de múltiples canales para crear anchos de banda más altos y adaptables. Por ejemplo, dos canales de 5 MHz se pueden combinar en un canal lógico de 10 MHz, proporcionando dinámicamente doble ancho de banda. Los canales pueden ser contiguos o no contiguos, de la misma o diferentes bandas de operación. Por último, 5G ha utilizado, antenas de Múltiple Entrada y Múltiple Salida (por sus siglas en inglés Multiple-Input-Multiple-Output)– MIMO, cuyas principales características incluyen diversidad espacial, formación de haz tridimensional manejable, multiplexación espacial y cancelación de interferencia. Así mismo el uso del 5G acompañado de dichas características, permite aumentar la confiabilidad del sistema, es decir, disminuir la tasa de error de bits o paquetes. Esto se basa en el uso de múltiples canales independientes entre el transmisor y el receptor [2,5].

## **COLOMBIA PREPARA EL CAMINO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA QUINTA GENERACIÓN (5G)**

En Colombia, obedeciendo a la necesidad imperante de estar a la vanguardia como país emergente, se prepara para la implementación de la tecnología 5G, por medio de la regulación y concesión del espectro radioeléctrico del país, adjudicando distintas bandas de frecuencias a las empresas nacionales e internacionales que estén interesadas en participar en la subasta [6].

Además, 5G trae consigo retos y nuevas oportunidades en su implementación para la creación de negocios y puestos de trabajo, esto se debe a la gran capacidad que este ofrece en la transmisión de datos [7]. Así mismo, estas tecnologías, promueven el uso de herramientas digitales, impulsan el crecimiento y el desarrollo multidimensional del país.

Por otro lado, como una de sus implementaciones más interesantes, se hallan avances para la industria automotriz, por medio de la aplicación del sistema Vehículo Celular con todo el mundo (por sus siglas en inglés Vehicle-to-everything) –V2X, el cual permite la comunicación entre un vehículo y otros dispositivos, o la comunicación Vehículo a Vehículo (por sus siglas en inglés Vehicle-to- Vehicle) –V2V, [8]. En la misma dirección, gracias a esto y utilizando las bondades de tener una red de datos rápida, robusta y confiable, ayudará a la creación de Inteligencia Artificial (por sus siglas en inglés Artificial Intelligence) –IA, capaz en un futuro próximo, de conducir un vehículo de forma autónoma (sin Tripulante), dado a la implantación de un complejo sistema, en el cual se debe contar con una infraestructura de red robusta, que permita la comunicación entre vehículos, usuarios, estaciones base y centro de datos contando con un dispositivo que permita transmitir y recibir

información al tiempo, empleando servicios del Internet de las cosas (por sus siglas en inglés Internet of Things) –IoT en materia vehicular, que cuente con la gestión de confianza de mensajes, que permita validar la data recibida, [8,9].

Igualmente, utilizando tecnologías de comunicación capaces de mantener la interacción entre dispositivos, permitiendo la entrada y salida de información de forma simultánea (o por su definición en inglés FullDuplex) – FullDuplex, *se* permite que los datos sean transmitidos en dos direcciones por una transportadora de señales al mismo tiempo a través de Sistemas Inteligentes de transporte (por sus siglas en inglés Intelligent Transport System) –ITS, lo cual facilitará la implementación de sistemas autónomos, ya que no se contará con restricciones de latencia y las altas tasas de transferencia de datos, por ende mejorará el procesamiento de información en tiempo real, lo cual creará sistemas más confiables y seguros para los usuarios finales. También, otra de las grandes ventajas representativas de los usos de 5G en la industria, es el uso de servicios de IoT, en atención médica brindada a través de dispositivos móviles inteligentes que se conectan a una red de infraestructura dinámica, la cual permite la integración de tecnologías de comunicación de corto y largo alcance, para transportar grandes volúmenes de datos entre dispositivos y servidores [8].

A su vez el 5G traerá consigo mejoras en la atención médica inteligente, la cual es la reducción de costos médicos, por medio de la implementación de un sistema que permita el análisis de datos de miles de usuarios, con los cuales se pueda realizar, diagnósticos remotos, por medio de la implementación de Streaming de video, así como también un monitoreo a largo plazo del paciente [9], con el fin de disminuir costos de operación y generar la atención prioritaria a los usuarios, sin que estos tengan que desplazarse a centros de salud.

Además de esto, existen otros sectores que pueden mejorar los procesos productivos e incrementar sus activos, por medio de la implementación de sistemas de redes 5G, sin embargo, para que esto sea una realidad, se espera que las empresas que usen servicios de comunicación móvil, implementen desarrollos tecnológicos, que les permitan usar infraestructura de red auto regulable, con la puesta en funcionamiento de Network-Slicing– NS que hace referencia a una segmentación de la red que se adecua al tamaño de la conectividad móvil para los distintos casos, además del Radio definido por Software– SDR esto le permite reducir gastos grandes en la actualización de equipos de hardware y enfocarse en soluciones aplicables en la industria manufacturera, los servicios de Streaming (entretenimiento digital), la educación, la captura y procesamiento de datos en reservas ecológicas, para la protección de fauna y flora, servicios aeronáuticos, servicios marítimos, la agricultura, el dinero electrónico, entre otras cosas. En consecuencia, todo lo anteriormente expuesto conlleva mejoras en el rendimiento de operaciones, con la automatización de procesos IoT, la información, la inteligencia de negocios y las plataformas de aprendizaje [10, 11, 12, 13].

En otro orden de ideas, en Colombia, el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones– MinTIC en representación del gobierno nacional ha avanzado en el proceso de desarrollo e implementación de pruebas (5G) en diferentes regiones, iniciando la apertura de la convocatoria en 2019. Este es el primer acercamiento para cumplir los objetivos y lineamientos del plan, en donde se identifican los insumos técnicos para la puesta

en marcha, usos, servicios y aplicaciones adecuadas a las necesidades del contexto colombiano, con el fin de mejorarlos. Al mismo tiempo la finalidad en medio de la llegada de esta nueva generación de red es que Colombia sea uno de los países pioneros en América Latina en implementar esta tecnología, ya que posee un potencial de grandes proporciones que ha sido denominado como la posible cuarta revolución industrial. Actualmente la Agencia Nacional del Espectro– ANE ha recogido las pruebas que las grandes empresas de telecomunicaciones han desarrollado en el territorio nacional con éxito, a través de esta recopilación de pruebas, la ANE y el MinTIC preparan la subasta de espectros basándose en la resolución aprobada en el presente año 2020 cuyo objeto es poder otorgar los permisos pertinentes para el uso del espectro radioeléctrico a nivel nacional en las SHF y EHF en diferentes rangos [6].

### **IMPACTO DE LAS LIMITACIONES**

Estos procesos anteriormente descritos, pueden generar inicialmente limitantes de tipo económico (renovación de infraestructuras y equipos) para el sector industrial del país, sin embargo, la implementación de las nuevas redes de comunicación, traerán consigo, beneficios a todos los actores que se involucren en el despliegue y uso de la misma, creando, nuevas oportunidades laborales, en el área de la automatización industrial, desarrollo de aplicaciones, innovación de dispositivos de monitoreo y control, creación de sistemas autónomos que aprendan por medio de bancos de datos la resolución de problemas, la incursión de infraestructura de red capaz de solventar problemas de comunicación dinámicamente. En cuanto a los usuarios se verán beneficiados con sistemas digitales más inmersivos, de mayor calidad, eficacia y a un menor costo. Por consiguiente, la industria de la conectividad debe invertir en la generación de estándares y la creación de proyectos, con el fin de desarrollar infraestructuras de comunicaciones especializadas; las cuales conllevan esquemas de seguridad más robustos que permitan a los usuarios sentirse seguros con el tratamiento y confidencialidad de sus datos personales [14].

Además de esto es prioritario fomentar y apoyar iniciativas tecnológicas, sin importar la segmentación del mercado destino. Con respecto a la premisa anterior resulta favorable la continuidad del desarrollo e investigación de aplicaciones exitosas, como en su momento fue la cadena de bloques (o por sus definiciones en inglés Blockchain) –Blockchain, la cual permite cifrar información por medio de la utilización de bloques, brindando confiabilidad y a los datos que procesan las grandes compañías [15].

Por otra parte, con base en lo anteriormente expuesto, no es posible realizar un cambio total en infraestructura de red, ya que esto trae consigo costos operativos y económicos que no son factibles para las organizaciones que prestan servicios de telefonías móviles, por lo que se puede trabajar en la modificación parcial y la implementación de nuevos esquemas de red, los cuales deben llegar a ser flexibles, por si algún cambio se presenta en la prestación del servicio. Además, debe contar con la capacidad de auto-gestionarse sin afectar la interoperabilidad de la compañía, razón por la cual desde el departamento técnico de las compañías se deben implementar metodologías, que permitan el cambio paulatino mediante la implementación de SDR y SND, con el fin de generar redes más robustas y adaptativas al cambio [10, 11].

Finalmente, aunque los cambios llevan tiempo se debe transformar la mentalidad de la organización, no solo en conceptos técnicos, sino también proyectar en el tiempo un plan para promover el ambiente digital, el cual es indispensable para generar nuevos tipos de comercios y empleos. En el futuro, el trabajo se transformará, creando empleos en nuevas áreas multidisciplinarias, además permitirá la actualización de funciones laborales en la era digital, generando ganancias globales estimadas en cerca de US \$ 3 billones por año, [7]. Es por tal razón que concuerdo con la optimización tecnológica de los puestos de trabajo que se verán modificados, sumando la creación de nuevas áreas del conocimiento para dar soporte a estos empleos.

## CONCLUSIONES

Tras el análisis es fundamental recalcar la importancia de optar por la utilización de herramientas que nos ayuden a mejorar procesos.

Es por esto que la llegada de 5G al país, permite visualizar un cambio en la percepción de nuestro entorno, donde, con solo generar pequeños cambios, se pueden realizar grandes aportes a la sociedad en la que vivimos. Dentro de los beneficios que esta trae, se pueden encontrar la implementación de soluciones de IoT, lo que permitirá mejorar la calidad de vida de las personas, por medio del uso responsable de dispositivos. Con el fin de crear aplicativos o funcionalidades capaces de modificar la vida tal cual la conocemos, modernizando con sí, el proceso de interacción cotidiana en las escuelas, por medio de la implementación de recursos físicos o virtuales que ayuden a fomentar la educación interactiva, con dispositivos de realidad aumentada, así como también, en el área de la salud, los beneficios para el cuidado y prevención de enfermedades se puede realizar, con ayuda de sensores, bandas, dispositivos cardíacos, entre otros, que permitan el monitoreo y la atención oportuna del paciente sin salir de su hogar, así como también en la movilidad de grandes ciudades, con el uso de vehículos no tripulados. Del mismo modo, 5G se puede usar, para brindar seguridad en la elección de gobernantes, por medio del uso de sistemas de infraestructura de red, capaces de adaptarse a las necesidades del territorio, combinado con tecnologías como Blockchain, que faciliten el uso del voto electrónico, ya que este tipo de tecnología permite realizar transacciones de manera rápida, segura y eficiente, lo que permite reducir la tala de árboles y aumentar la confianza en los votantes.

Todas estas bondades anteriormente descritas, permiten observar la gran importancia de 5G y como su puesta en funcionamiento.

Sin embargo, para lo que anteriormente dicho sea una realidad, es necesario que la academia, la industria y el gobierno trabajen de la mano, para crear espacios tecnológicos, donde apuesten por usar las mejores prácticas del mercado. Con el fin de brindar al usuario final, un sistema de comunicaciones confiable, que le permite la interacción entre usuarios, dispositivos, por medio del uso de infraestructura de red dinámica, capaz de soportar la creciente demanda de recursos. Razón por la cual los miembros de la alta gerencia nos vemos en la necesidad de identificar y gestionar oportunidades emergentes de negocios, ya que con

la implementación de 5G, el país vivirá el momento perfecto para diversificar su industria y utilizar este hito en la humanidad, como el motor necesario para cambiar su situación actual. Ya que muchos empleos con actividades operativas son desarrollados por humanos, están sujetos a ser reemplazados por máquinas, así mismo la sociedad tendrá la oportunidad de desenvolverse en actividades menos complejas físicamente, ya que las máquinas estarán diseñadas para hacer las operaciones sencillas. Es por esto que se debe promover todo tipo de esfuerzos que contribuyan al desarrollo tecnológico del país para que Colombia pueda estar a la vanguardia de los países desarrollados en materia de tecnología; incrementando los niveles de bienestar en la sociedad.

## REFERENCIAS

- [1] X Chen, D Wing K Ng, W Yu, E G. Larsson, N Al-Dhahir, R Schober "Massive Access for 5G and Beyond", IEEE communication society 31 January 2020.
- [2] Yunlong Cai, Zhijin Qin, Fangyu Cui, Geoffrey Ye Li, Julie A. McCann, "Modulation and Multiple Access for 5G Networks", IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, pp. 629 - 646, 26 October 2017.
- [3] S. Constain, I. A. Mantilla, G. C. Rueda, L. F. Trujillo y J. G. Barrera, "Plan 5G Colombia El Futuro Digital es de Todos" Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Bogotá, Colombia. dic. 2019.
- [4] Z. Chang, Z Zhou, S Z, T Chen, T Ristaniemi, "Towards Service-Oriented 5G: Virtualizing the Networks for Everything-as-a-Service", IEEE Access, vol. 6, pp. 1480 - 1489, 04 December 2017.
- [5] J. Li, K. Kearney, E. Bala, and R. Yang, "A resource block based filtered OFDM scheme and performance comparison," in Proc. Int. Conf. Telecommun. (ICT), Casablanca, Morocco, May 2013, pp. 1–5.
- [6] "MinTIC - Inicia proceso para desarrollar pruebas 5G en las regiones y publica plan de acción para que dicha tecnología sea una realidad antes de 2022", Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2019.
- [7] Dylan Williams, "Time for A 5g Technology Assessment and Road Map? [President's Column]", Ieee Microwave Magazine, Volume 18, Number 4, Pp. 10 - 14, Sept.-Oct. 2017.
- [8] Apostolos Papathanassiou, Alexey Khoryaev, "Cellular V2x As The Essential Enabler Of Superior Global Connected Transportation Services", Ieee 5g Tech Focus, Volume 1, Number 2, June 2017.

- [9] Kees Wevers, Meng Lu, "V2x Communication For Its - From Ieee 802.11p Towards 5g", Ieee 5g Tech Focus, Volume 1, Number 2, June 2017.
- [10] Alex Galis, Chih-Lin, "Towards 5g Network Slicing - Motivations and Challenges", Ieee 5g Tech Focus, Volume 1, Number 1, March 2017.
- [11] Hsin-Hung Chochin-Feng Lai, Timothy K. Shih, Han-Chieh Chao. "Integration Of Sdr And Sdn For 5g", Ieee Access, Volume 2, Pp. 1196 - 1204, 11 September 2014.
- [12] Marco Ruffini, "Multidimensional Convergence in Future 5g Networks", Journal of Lightwave Technology, Volume 35, Pp. 535 - 549, 18 October 2016.
- [13] Ravikiran Annaswamy, Timothy Lee, William Ash, Kevin Lu, Renee Ayer, Kaniz Mahdi, Cagatay Buyukkoc, Paul Nikolich, Sri Chandrasekaran, Daniel Pasquet, Chi-Ming Chen, Ines Riedel, Mischa Dohler, Ivan Seskar, Ashutosh Dutta, Meryem Simsek, Gerhard Fettweis, Patrick Slaats, Robert S. Fish, John Smee, Paolo Gargini, Joseph Soriaga, Adam Greenberg, Sundar Subramanian, Eileen Healy, Karpura Suryadevara, Rose Qingyang Hu, Harold Tepper, Chih-Lin I, William R. Tonti, Satish Kanugovi, Jens Voigt, Nicholas Karter, Dongming Wang, Tim Kostyk, Linda Wilson, Ozge Koymen. "IEEE - 5G And Beyond TEChnology Roadmap White Paper", 2017
- [14] Paul Nikolich, Chih-Lin I, Jouni Korhonen, Roger Marks, Blake Tye, Gang Li, Jiqing Ni, Siming Zhang, "Standards For 5g And Beyond: Their Use Cases And Applications", Ieee 5g Tech Focus, Volume 1, Number 2, June 2017.
- [15] Xinmu Wang, Lixia Xie, Ying Ding, Hongyu Yang "Blockchain-Based Secure And Trustworthy Internet Of Things In Sdn-Enabled 5g-Vanets", IEEE Access, Vol. 7, Pp. 56656 - 56666, 29 April 2019.