

*Artículo original*

# LA VISION DESDE EL ACCESO POR RADIO EN REDES 5G

## THE VISION FROM RADIO ACCESS IN 5G NETWORKS

*Fernando DUFOUR <sup>(1)</sup>, Ariel SERRA <sup>(2)</sup>, Carlos PELIZA <sup>(3)</sup>*

<sup>(1)</sup> Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza  
[fdufour@unlam.edu.ar](mailto:fdufour@unlam.edu.ar)

<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza  
[aserra@unlam.edu.ar](mailto:aserra@unlam.edu.ar)

<sup>(3)</sup> Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza  
<https://orcid.org/0000-0002-2901-185X>  
[cpeliza@unlam.edu.ar](mailto:cpeliza@unlam.edu.ar)

### **Resumen:**

El mundo de las comunicaciones avanza hacia la próxima generación de redes inalámbricas, las redes 5G, un avance basado en la necesidad de los usuarios de superar las prestaciones y restricciones que tienen las tecnologías 4G y sus predecesoras, ya sea por sus limitaciones en aplicaciones de tiempo real, por su poca capacidad para permitir miles de conexión de poco ancho de banda e inclusive por el condicionamiento de la velocidad de descarga de archivos.

Las redes de acceso de 5ta generación son la evolución de las redes de datos móviles y brindarán un mayor ancho de banda de navegación, una disminución de la latencia y una mejora notable en la calidad de las comunicaciones entre otros beneficios.

Los beneficios mencionados, provienen de avances tecnológicos, nuevos puntos de análisis de las tecnologías anteriores junto a soluciones creativas a problemas y limitantes previos.

¿Cuáles son estos puntos de análisis? ¿Cómo son las soluciones creativas? ¿La quinta generación es disruptiva respecto de sus predecesoras?

En este artículo, presentaremos el grupo de soluciones, que trae consigo, la nueva generación de redes móviles. Nuestra exposición tendrá como guía orientadora un análisis en tres ejes dimensionales: Eficiencia espectral, incremento en la cantidad de estaciones radiobases y el aumento del ancho de banda.

Hemos dejado de lado, la distribución y normalización del espectro radioeléctrico y lo referido al equipamiento central y virtualizado de la nueva tecnología.

#### **Abstract:**

The world of communications is moving towards the next generation of wireless networks, 5G networks, an advance based on the need of users to overcome the benefits and restrictions that 4G technologies and their predecessors have, either due to its limitations in applications of real time, due to its low capacity to allow thousands of low-bandwidth connections and even due to the conditioning of the file download speed.

The 5th generation access networks are the evolution of mobile data networks and will provide greater browsing bandwidth, decreased latency and a noticeable improvement in the quality of communications, among other benefits.

The mentioned benefits come from technological advances, new points of analysis of previous technologies, along with creative solutions to previous problems and limitations.

What are these points of analysis? What are creative solutions like? Is the fifth generation disruptive to its predecessors?

In this article, we will present the group of solutions, which brings with it, the new generation of mobile networks. Our exhibition will have as an orientation guide an analysis in three dimensional axes: Spectral efficiency, increase in the number of radio base stations and increase in bandwidth.

We have left aside for this study, the distribution and normalization of the radio spectrum and that referring to the centralized and virtualized equipment of the new technology.

**Palabras Clave:** *Telecomunicaciones, DUDe, Espectro radioeléctrico*

**Key Words:** *Telecommunications, Virtualization, Radio spectrum*

**Colaboradores:** *Gustavo Micieli, Dario Machaca*

## I. CONTEXTO

En artículos previos, enunciábamos las ventajas comparativas de 5G, que enumeraban los fabricantes y normalizadores de la industria de las Telecomunicaciones:

- Una tasa de datos de hasta 10Gbps - > de 10 a 100 veces mejor que las redes 4G.
- Latencia de 1 milisegundo
- Hasta 100 dispositivos más conectados por unidad de área (en comparación con las redes 4G LTE).
- Etc.

Pero, ¿cómo se logra obtener estas ventajas sin considerar el Core<sup>1</sup> de la red?, ¿qué tecnologías subyacen en la nueva red.?

## II. INTRODUCCIÓN

Presentaremos nuestro análisis siguiendo el esquema expuesto a continuación:

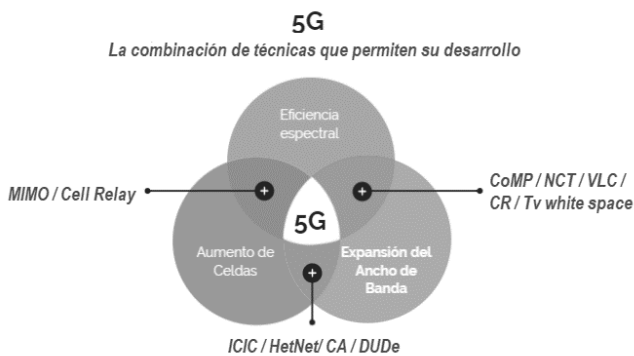


Figura 1 - Esquema conceptual de tecnologías

La figura 1 nos muestra cuales son las posibilidades que trae aparejadas un aumento de la cantidad de celdas instaladas junto a una mejora en la eficiencia de uso, esto es posible de lograr con las técnicas de MIMO y las celdas de retransmisión o Relay Nodes.

También, al considerar la mejora en la eficiencia espectral y la expansión del ancho de banda, mediante

las tecnologías de CoMP y otras que desglosaremos a continuación.

## III. PRESENTANDO LAS TÉCNICAS

### A. Downlink y Uplink desacoplados (DUDe) [1]

Las redes celulares a menudo se han diseñado sobre la base del enlace descendente (DL) partiendo de la idea que, al momento de la sesión, es necesario que éste DL presente un mejor desempeño.

Pero el pasaje de una red celular homogénea, a una serie de estaciones de radiobase de diferentes características ha dado inicio a la definición de red heterogénea o Hetnet<sup>1</sup>, donde conviven celdas macro, micro, pico cuya principal diferencia es el tamaño de atención de clientes y las potencias irradiadas.

Así, en la red homogénea, con niveles de potencia del mismo rango, era esperable que el DL “manejara” la conexión Radiobase-UE; pero en las redes heterogéneas (Hetnet), desacoplar la conexión de Uplink y Downlink, resulta muy útil. La figura siguiente, muestra la situación de un UE<sup>2</sup> que se halla al borde de celda,

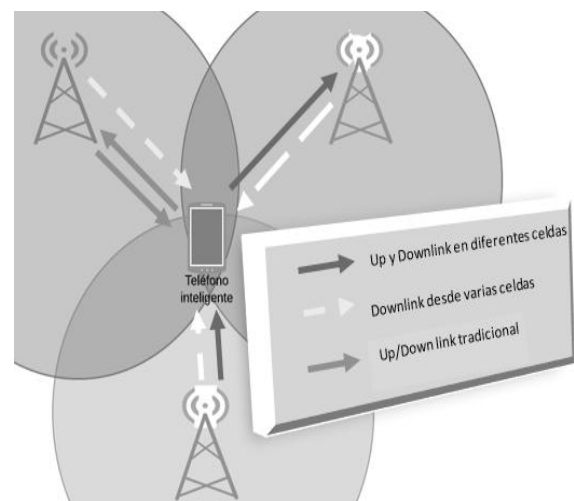


Figura 2 - Uplink y Downlink desacoplados

<sup>1</sup> HetNet o acrónimo de Redes Heterogéneas, donde hay celdas combinadas con microceldas y/o picoceldas.

<sup>2</sup> UE o Equipo de usuario

y es atendido por diferentes radiobases o celdas, cada uno de los enlaces con un rendimiento de potencia y ancho de banda.

Desacoplar la relación entre Uplink (UL) y Downlink (DL), permite que un mismo UE sea atendido por 2 radiobases al mismo tiempo, mejorando las condiciones de cada enlace a la radiobase, puesto que, cuando UL y DL se hallaban acoplados, no era posible asegurar un UL de calidad solo por la existencia de un DL óptimo.

En este punto, es conveniente reconocer que esta mejora en el ancho de banda, no es posible si no existe una eficiente coordinación entre todas las radiobases de una zona y sus celdas aledañas junto al aumento en la cantidad de celdas de atención y que la única posibilidad de tal aumento de celdas depende de la instalación de micro y pico celdas.

### B. Multipunto Coordinado (CoMP) [2]

CoMP permite conexiones a varias estaciones base a la vez (eNodeBs en lenguaje LTE). CoMP comenzó a usarse de manera más agresiva en LTE Advanced, como una forma de mejorar el servicio en el borde de la celda, utilizando múltiples eNB, aumentando la señal y reduciendo la interferencia. Pero CoMP adquiere una importancia aún mayor en 5G. Mientras que Massive MIMO (Múltiple Input Múltiple Output) aumenta la capacidad y la cobertura que se extiende hasta el borde de la celda en un entorno macro, CoMP ofrece algunas de esas mismas capacidades para una celda en un entorno pequeño o micro. Es por eso que a veces también se hace referencia a CoMP como 'MIMO distribuido'.

MiMO incrementa la capacidad de la celda sin modificar el formato de las ondas, porque transmite hacia el UE, en paralelo los flujos de datos. Por su lado, el UE utiliza un sistema de antenas analizando la intensidad y fase en cada de las señales por ellas recibidas, a modo de obtener

la señal deseada, reduciendo así los errores en la transmisión y aumentando el ancho de banda. Esta técnica es llamada el Spatial Multiplexing o Diversity

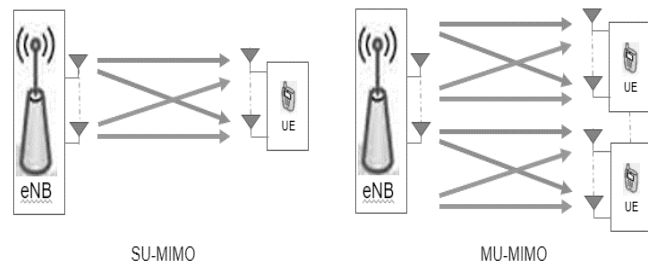


Figura 3 - MiMo y sus versiones

Las ganancias de capacidad habilitadas por 5G CoMP serán importantes en implementaciones de pequeñas empresas y locales basados en celdas, y las mejoras de latencia tendrán aplicación en el ámbito de IoT industrial. Recordemos que la comunicación de IoT se basa principalmente en aplicaciones de banda estrecha y una gran cantidad de dispositivos mientras que, el usuario móvil se basa en banda ancha.

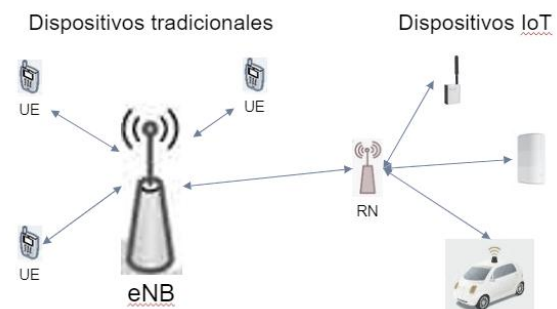


Figura 4 - Ampliación de la capacidad de atención de una microcelda que conforma una HetNet

Una tecnología que utiliza múltiples canales de radio para transmisión y recepción, es la tecnología cuya sigla MU-MIMO, significa Multiple User – MiMo, con ella se busca reducir el procesamiento en el Usuario, mejorando el tiempo de vida de la batería del UE, llevando la complejidad a la estación base, mediante el uso de un código matricial que permita que cada flujo de datos sea recibido de manera independiente por cada receptor de

cada UE. Esto va a permitir la transmisión de diferentes potencias a diferentes usuarios atendidos por la celda.

### C. New Carrier Type (NCT) [3]

La coexistencia de portadoras para llevar la información entre UE y estación base o viceversa, es un requisito ineludible, ya que permite la compatibilidad entre el nuevo sistema y el previo (LTE).

5G-NR utiliza OFDM con prefijo cíclico como técnica de acceso múltiple, la separación entre subportadoras es variable y acepta dos valores de prefijo cíclico, las combinaciones de separación entre subportadoras y prefijo cíclico genera lo que se conoce como una numerología. En LTE, en cambio la separación entre portadoras era/es fijo de 15 KHz.

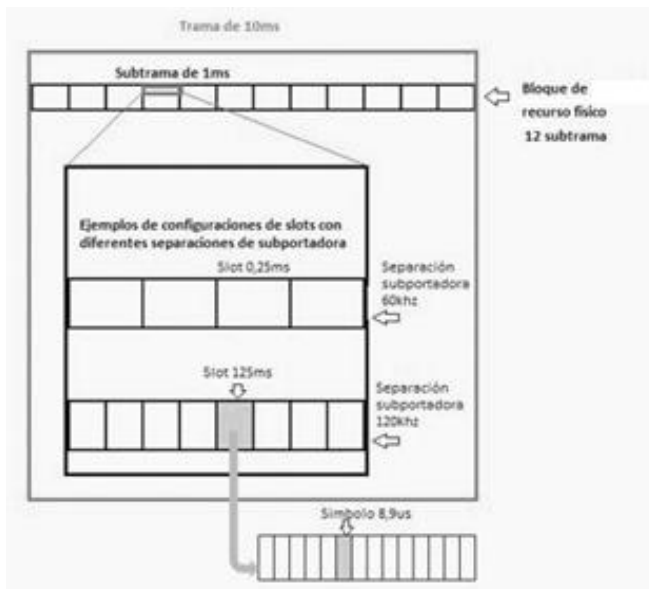


Figura 5 - Estructura de marco NR con dos posibles separaciones de subportadoras diferentes (60 y 120 KHz)

Cada subtrama de 5G es autónoma y se puede caracterizar por una numerología diferente. Esto hace posible abordar diferentes casos de uso de 5G con una sola tecnología de acceso de radio, por ejemplo, una menor duración del símbolo OFDM, combinada con un mayor espacio entre subportadoras, puede usarse para

tráfico de alta velocidad de datos y baja latencia, mientras que un menor espacio entre subportadoras se puede usar para comunicaciones de banda estrecha de baja frecuencia como lo son las de los dispositivos IoT. La figura 5 ilustra con un ejemplo, estructuras de marco NR con dos posibles separaciones de subportadoras diferentes.

### D. Agregación de Portadoras [4]

En el trabajo presentado en 2016 por este grupo de investigación, en el V Congreso Argentino IPCTIIC 2016 de la ciudad de Huerta Grande en provincia de Córdoba, se analizó la posibilidad técnica de agregar portadoras para llegar a un límite teórico de 1Gbps de descarga, las pruebas de laboratorio así lo confirmaron.

La nueva propuesta de velocidad de descarga para el usuario - una tasa de datos de hasta 10Gbps está fundamentada en la misma tecnología. La diferencia solo es encontrable en la cantidad de portadoras que es posible agregar, en 2016 solo eran 2 portadoras. El 2020 son 5 portadoras, aunque para hallar las cinco portadoras debe ampliarse el espectro, “invadiendo” el asignado a las comunicaciones satelitales.

Este ítem particular es quien ha demorado la adopción de 5G entre las empresas de Telecomunicaciones.

### E. Comunicaciones por luz visible [5]

La comunicación de luz visible (VLC) es un nuevo paradigma que podría revolucionar el futuro de la comunicación inalámbrica. En VLC, la información se transmite modulando el espectro de luz visible (400–700 nm) usado en iluminación.

La señal de información se superpone a la luz LED sin presentar ningún parpadeo al usuario final. Por lo tanto, sería ecológicamente neutro o "verde", en comparación con proporcionar dos fuentes separadas para la

iluminación y la conectividad de la red de comunicación. Por otro lado, el agotamiento de las bandas de baja frecuencia para hacer frente al crecimiento exponencial de la tecnología inalámbrica de alta velocidad.

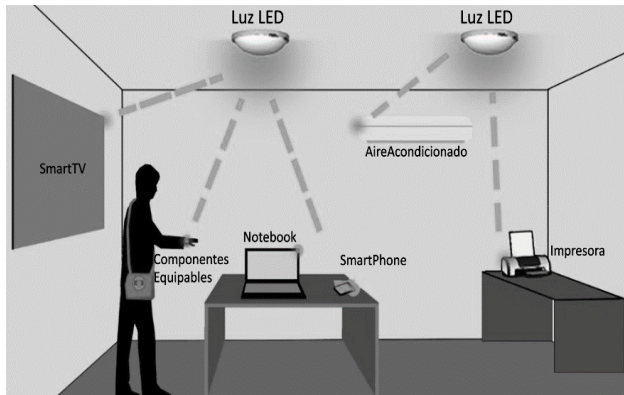


Figura 6 - Uso del espectro de luz visible

El acceso es otra razón para explorar nuevas tecnologías. El espectro de luz visible no tiene licencia y el hardware está fácilmente disponible, lo que puede usarse para la transmisión de datos. Además, la mejora exponencial en los diodos emisores de luz de alta potencia es un habilitador para la red VLC de alta velocidad de datos. Tiene el potencial de proporcionar comunicación de datos a alta velocidad con eficiencia energética mejorada junto con seguridad / privacidad. Los esfuerzos de estandarización como los estándares de la asociación de comunicaciones de luz visible (VLCA) y IEEE 802.15.7 muestran que VLC aumentaría las redes inalámbricas existentes en los próximos años. VLC puede tener aplicaciones en comunicación inalámbrica en interiores.<sup>3</sup>

#### F. Cognitive Radio [6][7]

El concepto de CR fue presentado oficialmente por Joseph Mitola, introduce la idea de crear sistemas de

<sup>3</sup> <https://www.xatakahome.com/la-red-local/5g-empujon-definitivo-que-necesita-lifi-vodafone-se-alia-signify-para-explorar-sus-posibilidades>

radio cognitivos (CRS) conformados por equipos de radiocomunicaciones capaces de realizar el censado del espectro radioeléctrico y determinar en qué momentos y en qué bandas el mismo se encuentra disponible y en qué momentos está siendo utilizado. Estos sistemas pueden tomar decisiones basados en políticas establecidas o programas pre-cargados que buscan optimizar los parámetros de funcionamiento con la finalidad de aprovechar de la mejor manera posible el espectro disponible, al tiempo que pueden aprender de los resultados obtenidos.

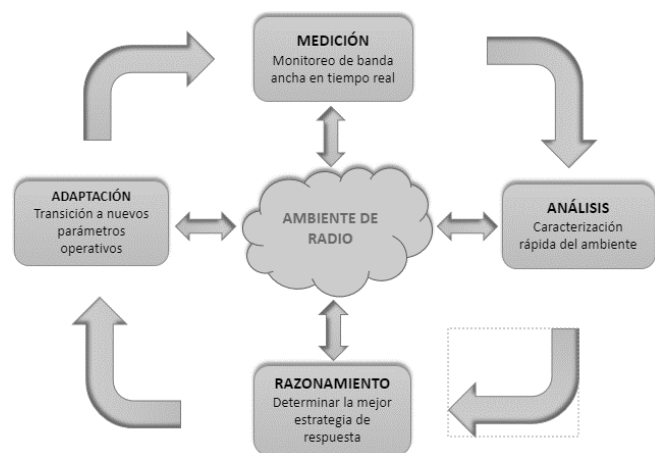


Figura 7 - Radio Cognitivo

## VII. CONCLUSIONES

Allá por 2013, el 3GPP, presentaba las ideas disruptivas donde abrevaría LTE y LTE avanzado, conocido comercialmente como 4G, para cambiar el paradigma existente.

Hoy, luego de siete años y a cuatro del momento de presentar la tecnología 5G podemos descubrir que esta presentación no ha sido disruptiva como su antecesora. Sus principales tecnologías (Multipunto Coordinado (CoMP) y Agregación de Portadoras, son mejoras tecnológicas de las ideas de 4G y otras ideas como

Cognitive Radio y Comunicaciones por luz visible, son desarrollos embrionarios.

5G en la parte de acceso por radio ha basado su estrategia de avance, en la disponibilidad de un bien escaso como es el espectro radioeléctrico y con escasos resultados.

Mientras que la contraparte del desarrollo de 5G, la virtualización de funciones de red (NFV) presenta día a día significativos avances.

## VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

### A. Referencias bibliográficas:

- [1] Elshaer, Hisham & Boccardi, Federico & Dohler, Mischa & Irmer, Ralf. (2014). Downlink and Uplink Decoupling: a Disruptive Architectural Design for 5G Networks. 10.1109/GLOCOM.2014.7037069. [Citado el: 5 de Marzo de 2020].
- [2] Boldi, Mauro & Tölli, Antti & Olsson, Magnus & Hardouin, Eric & Svensson, Tommy & Boccardi, Federico & Thiele, Lars & Jungnickel, Volker. (2011). Coordinated MultiPoint (CoMP) Systems. 121-155. 10.1002/9781119976431.ch6.

[3] LARSSON, E. G., EDFORS, O., TUFVESSON, F, y MARZETTA, T. L. Massive MIMO for Next Generation Wireless Systems. In: IEEE Communications Magazine. Febrero, 2014. Vol. 52, no. 2, p. 186-195

[4] Biga D, Dufour F, Serra A, Peliza C, Micieli G, Agüero F. LTE (Long Term Evolution) In: Quinto Congreso Argentino de la Interacción-Persona Computadora, Telecomunicaciones, Informática e Información Científica, noviembre 2016 Blue Herons. 2016. 9788896471548.

[5] Chen, C.; Tsonev, D.; Haas, H. Joint transmission in indoor visible light communication downlink cellular networks. In Proceedings of the 2013 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), Atlanta, GA, USA, 9–13 December 2013; pp. 1127–1132.

[6] Mukherjee, Triparna & Nath, Asoke. (2015). Cognitive Radio Network Architecture and Security Issues: A Comprehensive Study. 5. 124-133.

[7] Savita Kumari , Brahmjit Singh . (2020) Estándar 5G: el sistema de comunicación inalámbrica de próxima generación. Revista de Matemáticas Interdisciplinarias 23: 1, páginas 275-283.

**Recibido:** 2020-10-30

**Aprobado:** 2020-12-28

**Hipervínculo Permanente:** <http://www.reddi.unlam.edu.ar>

**Datos de edición:** Vol. 5-Nro. 2-Art. 1

**Fecha de edición:** 2020-12-30

