

## Integrantes del equipo del Centro Argentino de Ingenieros

Ingeniera Marina Rosso Siverino
Ingeniero Rubén Chernisky
Ingeniero Norberto Martínez
Licenciado Juan Gnius

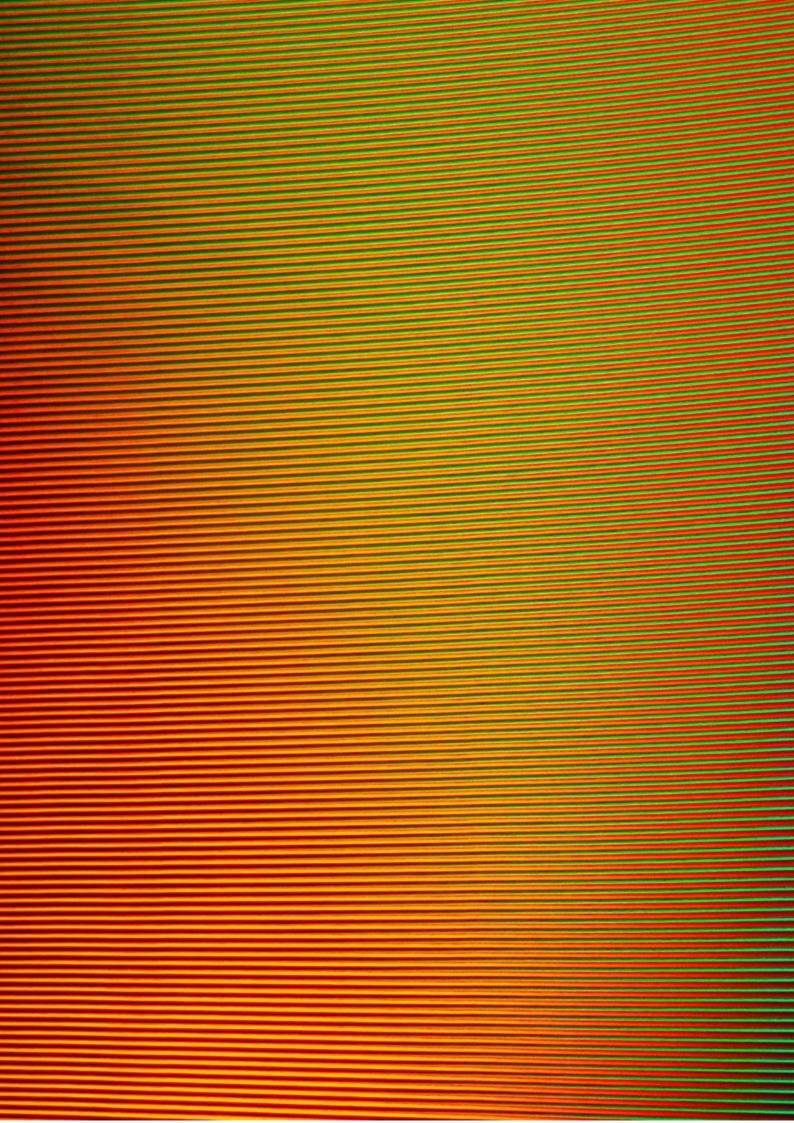
#### Colaboraron:

Ingeniero Martín Wessel
Ingeniero Marcelo Bruno
Ingeniera Rosana Zambón
Licenciada Andrea Catalano



## Índice

Prefacio	
Resumen Ejecutivo	9
Glosario	11
Introducción	13
1 Un repaso a las generaciones móviles	15
<ul> <li>1.1 Situación actual de 5G</li> <li>1.2 Tipos de 5G</li> <li>1.3 Usos de 5G</li> <li>1.4 5G y los Servicios Públicos</li> <li>1.5 5G en ciudades inteligentes</li> <li>1.6 5G en el hogar</li> <li>1.7 5G y la atención médica</li> </ul>	16 20 20 23 24 24 25
2 Disputas Internacionales en torno a 5G	27
<ul><li>2.1 La contraofensiva de estándares abiertos</li><li>2.2 Desafíos tecnológicos del 5G</li><li>2.3 5G en Argentina</li></ul>	30 30 31
3 El camino hacia 6G	35
<ul><li>3.1 Iniciativa de estándares</li><li>3.2 La inteligencia artificial en 5G y 6G</li><li>3.3 Espectro radioeléctrico</li><li>3.4 Habilitadores tecnológicos clave para 6G</li></ul>	37 43 44 46
4 Conclusiones	49



#### **Prefacio**

El Centro Argentino de Ingenieros, a través de la Comisión de Tecnología, Innovación y Transformación Digital, presenta este documento para contribuir a la discusión que las nuevas tecnologías móviles están invitando a encarar en los distintos países, y en un contexto donde la Argentina se encamina a un debate que necesita darse desde nuevos lugares para plantearse objetivos alcanzables y realizables.

Este documento hace una abordaje sobre la tecnología 5G, cómo hay que entender su evolución desde el surgimiento de los primeros servicios móviles, y cómo se fue dando el proceso de adopción con modelos de negocios que se encuentran en constante estudio, análisis y reflexión.

El mercado ha tomado tal dinamismo que ya se inició en los países centrales la primera aproximación sobre 6G. ¿Entonces hacia dónde vamos con estas dos tecnologías?

El documento contextualiza ambas tecnologías móviles y brinda el conocimiento básico que hay que tener sobre 5G y los primeros lineamientos sobre 6G para encarar una discusión profunda sobre sus implicancias y aportes al ecosistema digital.

Ing. Roberto Massa

Presidente Departamento Tècnico Ing. Pablo Bereciartua

Presidente Centro Argentino de Ingenieros



### Resumen Ejecutivo

El presente documento refleja el trabajo llevado adelante por la Comisión de Tecnología, Innovación y Transformación Digital del Departamento Técnico del Centro Argentino de Ingenieros sobre las nuevas generaciones de servicios móviles, especialmente 6G. Conceptualmente, la Comisión entiende 6G como una continuación de su generación precedente, es decir, 5G.

Con el fin de dar contexto, el documento hace un repaso cronológico de las generaciones de tecnologías móviles y sus características principales.

El trabajo aborda cuestiones centrales a 5G, como características técnicas, despliegues de redes en el mundo, estadísticas y las disputas geopolíticas que despertó el desarrollo de la tecnología, como así también los diferentes tipos de 5G y sus casos de uso.

Una de las cuestiones centrales que sobrevoló las diferentes reuniones que mantuvo la Comisión de Tecnología, Innovación y Transformación Digital durante la elaboración del presente documento fue el papel que juega la Argentina en el desarrollo y adopción de estas tecnologías. Las páginas siguientes incluyen reflexiones sobre estos temas que surgieron durante los encuentros.

Respecto a 6G, el trabajo describe y explica las aproximaciones que tienen lugar para la definición de los estándares tecnológicos que traerá la próxima generación de servicios móviles. En este marco, se da cuenta de la continuación de las tensiones internacionales por encabezar las definiciones que involucran el desarrollo de 6G por parte de gobiernos, universidades y organismos de estandarización.

Por último, el documento aborda el rol clave que asumirá la Inteligencia Artificial en 6G y cuáles serán los habilitadores tecnológicos que permitirán avanzar en un universo de nuevos servicios móviles.



#### **Glosario**

1G: Primera Generación de servicios móviles

2G: Segunda Generación de servicios móviles

3G: Tercera Generación de servicios móviles

3GPP: Proyecto Asociación de Tercera Generación (3rd Generation Partnership Project)

4G: Cuarta Generación de servicios móviles

5G: Quinta Generación de servicios móviles

6G: Sexta Generación de servicios móviles

AMPS: Servicio de Teléfono Móvil Avanzado (Advance Mobile Phone Service)

AR/VR: Realidad Aumentada/Realidad Virtual (Augmented Reality/Virtual Reality)

B5G: Más allá de 5G (Beyond 5G)

CPE: Equipo en las instalaciones del cliente (Customer Premise Equipment)

CTIA: Asociación de la Industria de Telecomunicaciones Celulares (Cellular Telecommunications Industry Association)

DSS: Compartición dinámica de espectro (Dynamic Spectrum Sharing)

e3DC: Cobertura Tridimensional Extendida (Extended 3D Coverage)

eMBB: Banda ancha móvil mejorada (Enhanced Mobile Broadband)

ETSI: Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (European Telecommunications Standards Institute)

FWA: Acceso fijo inalámbrico (Fixed Wireless Access)

HAPS: Plataformas de gran altitud (High-altitude platforms)

IMT-2000: Comunicaciones Móviles Internacionales 2000 (International Mobile Communications 2000)

IA: Inteligencia Artificial

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

IETF: Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (Internet Engineering Task Force)

IoT: Internet de las Cosas (Internet of Things)

IP: Protocolo de Internet (Internet Protocol)

LEO/VLEO: Baja órbita/muy baja órbita (Low Earth Orbit/Very Low Eartch Orbit)

LTE: Evolución a Largo Plazo (Long Term Evolution)

ML: Aprendizaje de máquina (Machine Learning)

mMTC: Comunicaciones masivas de tipo máquina (Massive Machine-Type Communications)

NMT: Teléfono Móvil Nórdico (Nordic Mobile Telephone)

NSA: No autónomo (Non Standalone)

NTN: Redes no terrestres (Non Terrestrial Networks)

O-RAN: Red de acceso de radio abierta (Open Radio Access Network)

OSS/BSS: Sistemas de soporte de operaciones/Sistemas de soporte de negocios (Operations Support Systems/Business Support Systems)

RAN: Red de Acceso de Radio (Radio Access Network)

SA: Autónomo (Standalone)

SEP: Patentes esenciales estándar (Standard Essential Patents)

SMS: Servicio de Mensaje Corto (Short Messages Service)

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicaciones

TSN: Redes sensibles al tiempo (Time-Sensitive Networking)

uHPC: Comunicaciones de ultra alta precisión (Ultra-high precision communication)

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

uMBB: Ultra Banda Ancha Móvil (Ultra Mobile Broadband)

uMTC: Comunicaciones de tipo máquina ultra masivas (Ultra Massive Machine-Type Communications)

URLLC: Comunicaciones ultra confiables de baja latencia (Ultra Reliable Low Latency Communications)

#### Introducción

Cuando comenzó el año, la Comisión de Tecnología, Innovación y Transformación Digital del Departamento Técnico (DT) del Centro Argentino de Ingenieros (CAI) se reunió presencialmente por primera vez después de muchos meses. A la alegría del reencuentro se hizo inevitable reflexionar sobre los tiempos pandémicos de aislamiento y, como tecnólogos, analizar el papel clave que tuvieron las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para la continuidad de las diversas actividades que llevamos adelante como individuos y como sociedad. En efecto, después de años de analizar y prever cómo sería la transformación digital, ésta se nos impuso como necesidad a los empujones.

Una de las primeras ideas que la Comisión propuso abordar para el presente año fue la Sexta Generación de servicios móviles (6G). En principio, el tema fue considerado prematuro en un país que aún no cuenta con redes extendidas de Quinta Generación (5G)<sup>1</sup> y las investigaciones teóricas y de laboratorio sobre 6G comienzan a tener lugar en los países pioneros en estas tecnologías. Sin embargo, comenzar a indagar sobre 6G desde Argentina tiene su atractivo. De hecho, entre los objetivos de la Comisión destaca el de trabajar con mirada de futuro, analizar los tópicos tecnológicos de los que se habla en el mundo y cómo las nuevas tecnologías pueden impactar en los procesos productivos y sociales locales.

El desarrollo de 5G y 6G representa un proceso continuo de evolución tecnológica dado que prácticamente todos los objetivos de 6G están planteados en 5G aunque con menores requerimientos de performance.

A partir de la Tercera Generación (3G), el universo de servicios móviles comenzó a apuntar a las conexiones de alta velocidad, situación que se concretó con la Cuarta Generación (4G), también conocida como LTE (Long Term Evolution o Evolución a Largo Plazo). Con 4G se hizo realidad Internet en el teléfono inteligente y con ello el

Monumento a la Bandera, en Rosario. Durante la temporada estival, Personal habilitó antenas 5G en puntos de Mar del Plata, en Pinamar y en Cariló.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> A septiembre de 2022, solamente Personal habilitó algunos puntos donde los clientes que cuenten con un smartphone apto para 5G pueden tomar la señal de nueva tecnología. De acuerdo con el operador, la red 5G se encuentra disponible en zonas aledañas al Teatro Colón y a Retiro, en la Ciudad de Buenos Aires, y en el área de Plaza San Martín y zonas aledañas al

paradigma de las comunicaciones móviles cambió para siempre, abriendo un sinfín de aplicaciones y reorganizando el ecosistema digital, con el uso masivo de redes sociales y servicios basados en la nube, entre los fenómenos más salientes. Por supuesto, este documento contiene un breve apartado que describe someramente la evolución de las generaciones móviles y sus características principales.

Al comenzar con las investigaciones y lecturas pertinentes, rápidamente quedó en evidencia que el desarrollo de 5G y 6G representa un proceso continuo de evolución tecnológica dado que, como se muestra en este trabajo, prácticamente todos los objetivos de 6G están planteados en 5G aunque con menores requerimientos de performance. Como un breve avance de lo que puede leerse en las páginas siguientes, los objetivos de 5G pueden sintetizarse como una mayor velocidad de transmisión de datos, menor latencia y más capacidad para conectar dispositivos.

La continuidad tecnológica entre 5G y 6G obliga a que el presente documento aborde cuestiones básicas de 5G, el desarrollo mundial de la tecnología, sus avances concretos, sus promesas por cumplir y los desafíos que tiene por delante Argentina para la expansión de esta tecnología.

Con respecto a 6G, el objetivo es explicar y describir el proceso de generación de una tecnología que, debido a sus propósitos, desafía los límites de la ciencia.

# Un repaso a las generaciones móviles

A lo largo del tiempo se han sucedido diferentes generaciones de tecnologías móviles. Cada una de ellas fue agregando nuevas capacidades y servicios para los usuarios, y nuevas complejidades para la ingeniería y el despliegue de redes.

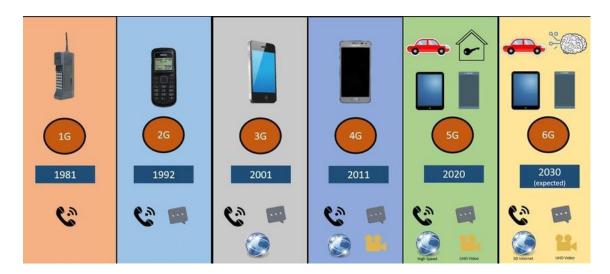
Las primeras redes móviles comerciales conforman la Primera Generación (1G), donde primaban los servicios de voz (telefonía), con tecnología analógica. Para estas redes no existieron requerimientos de estándares técnicos a escala global; se trató de diferentes tecnologías como Servicio de Telefonía Móvil Avanzada (Advanced Mobile Phone Service, AMPS) o Telefonía Móvil Nórdica (Nordic Mobile Telephone, NMT). El primer lanzamiento ocurrió en 1979 en Japón.

La Segunda Generación (2G) incluyó tecnologías digitales para servicios de voz y datos conmutados vía circuito en un principio, a los que le siguieron estos servicios pero conmutados por paquetes. Al igual que en 1G, en 2G tampoco existieron requerimientos de estándares técnicos a escala global. Desplegada en los años ´90 del siglo pasado, los servicios novedosos consistían en mensajes de texto (Short Messages Services, SMS) y transmisión de datos a muy baja velocidad, además de voz, por supuesto.

En retrospectiva, se puede apreciar que la primera familia de tecnologías estandarizada bajo parámetros de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) fue la que se conoce como Tercera Generación, o 3G. Se trata de la primera vez que la UIT definió un conjunto de requerimientos bajo el nombre de IMT-2000 (International Mobile Communications 2000, o Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000) para que luego el 3GPP (3rd Generation Partnership Project, o Proyecto de Asociación para la 3ra Generación) definiera los estándares técnicos para satisfacer dichos requerimientos.

Una década más tarde, llegaron los primeros sistemas de Cuarta Generación (4G). La UIT definió una nueva serie de requerimientos, IMT-Avanzado, Así, la 4G introdujo grandes mejoras a la velocidad de transmisión de datos, en una arquitectura que ya estaba completamente basada en tecnología IP (Protocolo de Internet) para hacer realidad la verdadera banda ancha móvil de alta velocidad.

#### **Evolución de Generaciones Móviles**



Fuente: Researchgate

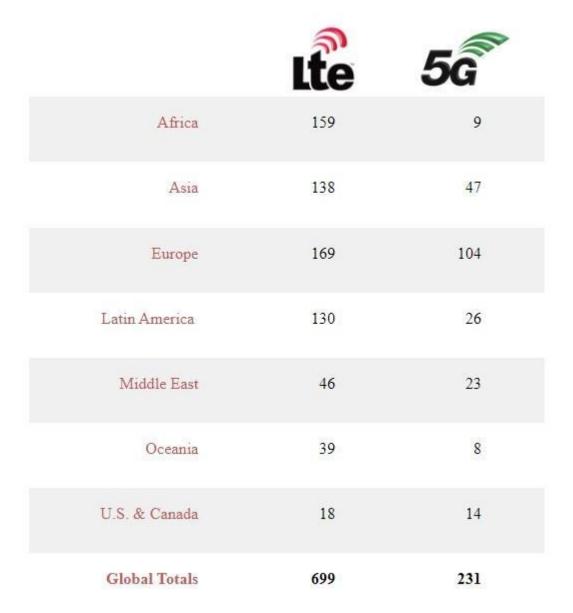
Ahora, la Quinta Generación (5G) trae aparejado un completo cambio de paradigma para las comunicaciones móviles. Ya no se trata simplemente de una tecnología para conectar teléfonos móviles o brindar únicamente banda ancha. La apuesta de la industria por esta nueva generación consiste en que se constituya en el tejido para una sociedad completamente digital, atravesando distintas esferas de la vida humana. Ahora no sólo los teléfonos estarán conectados, sino también los automóviles, los edificios, las ciudades, los electrodomésticos, la industria y la agricultura, entre muchos otros.

5G fue pensada para atender un amplio abanico de nuevos casos de usos y múltiples dispositivos con necesidades sumamente dispares de desempeño y requerimientos técnicos. Estamos sin dudas ante el nacimiento de una nueva era móvil donde veremos surgir muchos servicios y aplicaciones que hasta ahora sólo estaban en nuestra imaginación, y muchos otros que aún ni siquiera han sido soñados.

#### 1.1 Situación actual de 5G

La tecnología móvil de Quinta Generación (5G) está en pleno despliegue en los cinco continentes. A junio 2022 existen en el mundo 224 redes comerciales 5G que cumplen con los estándares del 3GPP, frente a un total de 703 redes LTE.

#### Despliegues comerciales 4G y 5G



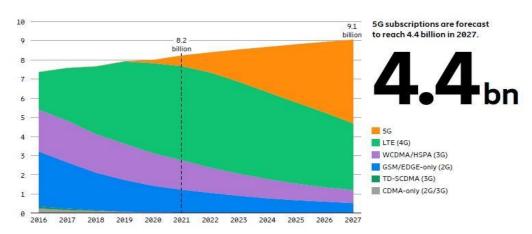
Fuente: 5G Americas

Sobre la base de estos números puede afirmarse que en comparación con 4G LTE, 5G se encuentra en proceso de desarrollo y maduración. No obstante, el crecimiento de la nueva tecnología sorprende. Según datos del estudio Ericsson Mobility Report<sup>2</sup> para fin de 2022 existirán en el mundo más de 1.000 millones de suscriptores 5G, entendiendo como tal a aquel que posee un dispositivo compatible con la versión 15 de 3GPP, y está conectado a una red habilitada para 5G. En la actualidad, América del Norte y el Noreste de Asia tienen la mayor penetración de servicios 5G.

HACIA 6, LA FUTURA GENERACIÓN DE SERVICIOS MÓVILES

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Ericsson Mobility Report, junio 2022, <a href="https://www.ericsson.com/49d3a0/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2022/ericsson-mobility-report-june-2022.pdf">https://www.ericsson.com/49d3a0/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2022/ericsson-mobility-report-june-2022.pdf</a>

#### Suscripciones móviles por tecnología

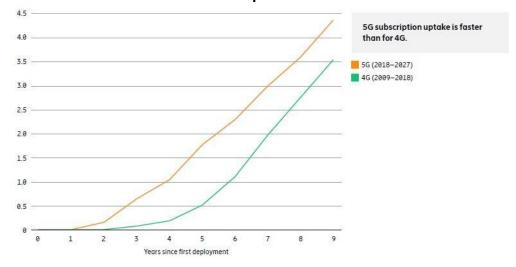


Fuente: Ericsson Mobility Report

Las proyecciones del estudio citado indican que para 2027 habrá 4.400 millones de suscriptores 5G en el mundo, con una penetración del 48 por ciento entre todos los usuarios de servicios móviles.

En este escenario, también es llamativa la velocidad en la adopción de la nueva tecnología por parte de los usuarios 5G, que es más rápida que la generación anterior: alcanzará los 1.000 millones de suscriptores dos años antes de lo que le llevó a 4G. En esto inciden varios factores claves, como la oportuna disponibilidad de dispositivos de accesos (CPE, smartphones, etc.) de varios proveedores, con precios que caen de manera más veloz que para 4G, así como la influencia de los grandes operadores móviles de China y los despliegues de red que realizaron con 5G.



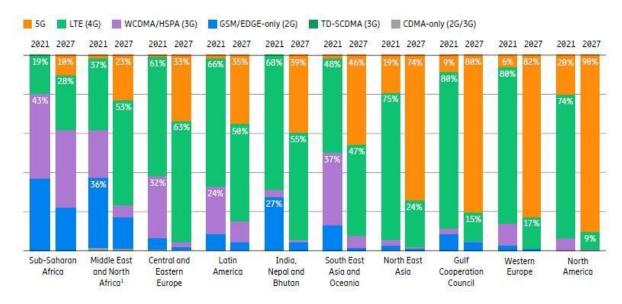


Fuente: Ericsson Mobility Report

En América Latina la situación es diferente. Como lo muestra el primer gráfico, existen 26 operadores con oferta comercial 5G -disímil entre los países y al interior de los mismos- en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Guatemala, México, Perú y Uruguay. Por caso, en Argentina la única red 5G es la desplegada por Personal, aunque muy reducida y focalizada en puntos de la Ciudad de Buenos Aires y Rosario<sup>3</sup>.

En la región, 4G es actualmente la tecnología móvil dominante, con dos tercios de todas las suscripciones a finales de 2021. El crecimiento de las suscripciones a 4G es fuerte, con más de 70 millones añadidos en 2021. De todas formas, los operadores móviles buscan acelerar los despliegues de 5G en banda media (3,5 GHz) y en bandas bajas. Parte de esto comenzó a observarse con el lanzamiento de 5G stand alone (SA) en 3,5 GHz en Brasilia durante el segundo trimestre de 2022. Para el regulador Anatel, el lanzamiento fue "bastante satisfactorio", con velocidades de entre 300 y 400 Mbps, aunque la señal aún está presente en puntos acotados de la capital brasileña y cubre alrededor del 10 por ciento de los usuarios móviles. Al mes de lanzamiento, los operadores TIM, Claro y Vivo instalaron 348 antenas del nuevo estándar tecnológico, con una cobertura del 14 por ciento en 5G de las 2.400 estructuras de torres repartidas.

#### Comparación: Suscriptores móviles por región y tecnología



Fuente: Ericsson Mobility Report

\_

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Ver nota al pie 1

Ericsson Mobility Report estima que a fin de 2021 existen alrededor de 5 millones de suscripciones 5G en América Latina y espera una adopción más sustancial a partir de 2023, para llegar a fin de 2027 con el 35 por ciento de las suscripciones móviles.

#### 1.2 Tipos de 5G

El 3GPP<sup>4</sup>, entidad encargada de establecer los estándares de telefonía móvil, enfocó la transición a 5G en dos estrategias.

- Primera opción (Release 15) más conocido como 5G NSA (5G no autónomo o non standalone), que ofrece un mayor aprovechamiento de la infraestructura 4G
- Segunda opción (Release 16) o 5G SA (5G completo o standalone), que requiere de gran cantidad de hardware nuevo.

Ambas opciones son consideradas por la 3GPP como estándares 5G pero todas la ventajas del 5G completo llegarán con la comercialización del 5G SA, que implica un nuevo despliegue de antenas más denso que el utilizado para las redes 4G. Las dos opciones, NSA y SA, utilizan el espectro destinado a 5G.

Otra forma de despliegue 5G es el denominado DSS (compartición de espectro dinámico). En esta alternativa, los operadores móviles agregan varias bandas de espectro actual (4G) para generar mayores velocidades.

#### 1.3 Usos de 5G

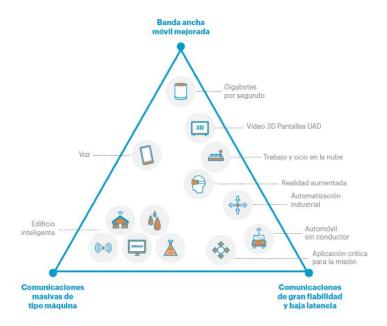
Los escenarios de uso para los que fue pensado 5G son conocidos:

- Banda ancha móvil mejorada (eMBB)
- Comunicaciones ultra fiables de baja latencia (URLLC)
- Comunicaciones masivas de tipo de máquina (mMTC)

5G: Casos de uso

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> El Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) reúne a siete organizaciones de

desarrollo de normas de telecomunicaciones (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC), conocidas como "Socios Organizativos". El proyecto abarca las tecnologías de telecomunicaciones celulares, incluido el acceso radioeléctrico, la red "core" básica y las capacidades de servicio, que proporcionan una descripción completa del sistema de telecomunicaciones móviles. <a href="https://www.3gpp.org/">https://www.3gpp.org/</a>



Fuente: Mobile World Capital

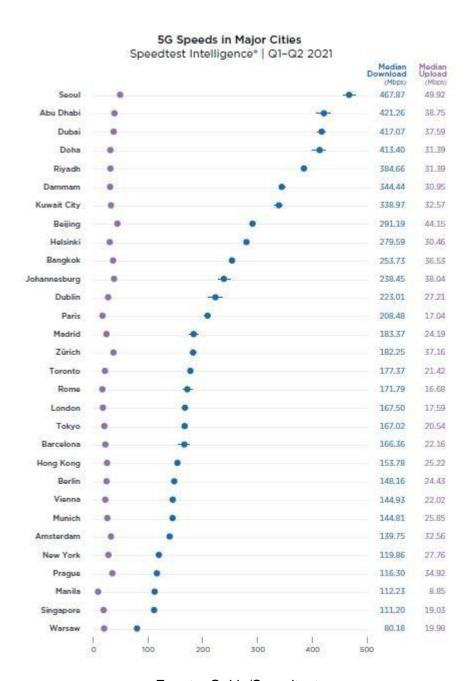
Banda ancha móvil mejorada (eMBB). eMBB se puede considerar como una Internet muy mejorada, usualmente denominada "móvil", pero que en realidad también ofrece banda ancha fija. eMBB podrá satisfacer con ancho de banda los miles de millones de nuevos objetos que se conectarán. El estudio Cisco VNI estima que en 2022 habrá 4.800 millones de personas conectadas a Internet y 28.500 millones de objetos y dispositivos conectados a escala global. Se mencionan velocidades de 10 Gbps o superiores.

Comunicaciones ultra fiables de baja latencia (URLLC). Incluye servicios con una fiabilidad del 99,9999 por ciento y una latencia de milisegundos. Ambas características serán necesarias para los vehículos autónomos, telemedicina y algunos servicios de ciudades inteligentes. 5G se trata, también, de una red confiable y de rápida respuesta.

Comunicación de tipo de máquina masiva (mMTC). Esta característica involucra Internet de las Cosas (IoT), aplicaciones de Industria 4.0 y otros dispositivos conectados sin intervención humana. 5G puede conectar un millón de dispositivos de todo tipo por kilómetro cuadrado.

Si bien la tecnología posee las características arriba mencionadas, las mismas aún no se encuentran al 100 por ciento en las ofertas de los operadores. En otras palabras, los prestadores de servicios móviles carecen de modelos de negocio que le reporten un retorno de inversión apropiado. En términos generales, los servicios más comunes ofrecidos con 5G a los usuarios finales se enmarcan en el concepto de banda ancha mejorada, con servicios fijos inalámbricos (FWA), juegos en línea y servicios basados en Realidad Aumentada/Virtual (AR/VR). En el caso de ofertas para empresas, los segmentos más apuntados refieren a manufacturas (fábricas inteligentes), transporte, ciudades inteligentes y puertos; estos servicios pueden englobarse bajo el paraguas de Internet de las Cosas.

5G: Velocidades reales



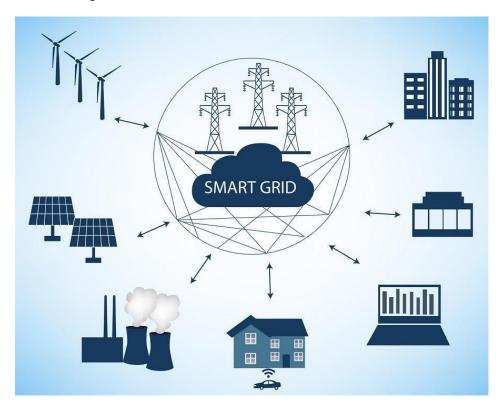
Fuente: Ookla/Speedtest

Tecnologías como la virtualización, la informática de punta, cómputo en el borde, inteligencia artificial y aprendizaje automático, entre otros, son componentes clave para habilitar los casos de uso que ofrece 5G. Baja latencia, altas velocidades de datos y conexiones masivas son las características que promete la tecnología y que varios sectores esperan para la implementación masiva de dispositivos IoT.

#### 1.4 5G y los Servicios Públicos

Desde el punto de vista de los servicios públicos, 5G será mucho más que una evolución en la comunicación. La industria, las empresas y las personas se beneficiarán de los servicios públicos inteligentes con el objetivo final de reducir los costos de energía y el impacto ambiental.

Si se tiene en cuenta una red eléctrica, la misma consta de cinco fases: generación, transmisión, transformación, distribución y consumo de energía. Ya existe una sólida red de comunicaciones basada en fibra que admite la generación, transmisión y transformación de energía, pero debido a la gran cantidad de nodos dentro de la distribución y el consumo, junto con el costo de la instalación de fibra, la cobertura de estas redes generalmente es irregular.



Fuente: Smart Energy International

La implementación de una red 5G para las etapas finales de la red será una alternativa rentable a la fibra. La mayor capacidad proporcionada por 5G permitirá a los proveedores de energía conectar todos los niveles de la red a través de la medición inteligente, reduciendo pérdidas y aumentando la confiabilidad. Se estima que el 95 por ciento de los cortes se encuentran en las etapas de distribución y consumo, en parte debido a que no son monitoreados en tiempo real; esta situación puede cambiar con 5G.

En junio de 2021, Vodafone inició un proyecto piloto de red inteligente implementado por UK Power Networks (UKPN) para explorar cómo se pueden usar los datos en tiempo real para acelerar la transformación digital y la descarbonización de la red. El operador

suministró a la empresa de servicios públicos una red 5G para conectar varios dispositivos de red inteligentes distribuidos para realizar telemetría de datos segura, resistente y rápida. Del proyecto también participaron General Electric, la Universidad de Strathclyde, ABB y Siemens.

#### 1.5 5G en Ciudades Inteligentes

Como se explicó, 5G permitirá el soporte de hasta un millón de dispositivos por km2, por lo que la tarea de conectar todos los puntos de una red eléctrica puede no ser tan desalentadora como se pensó al principio. Esta mayor capacidad también abre la puerta a un concepto más definitivo de "Smart City".

Una de las tantas definiciones de "ciudad inteligente" contempla un área urbana que utiliza diferentes tipos de métodos electrónicos y sensores para recopilar datos. A medida que se implemente 5G, la definición de una ciudad inteligente cambiará a ciudad automatizada, a medida que millones de dispositivos conectados lancen áreas urbanas a la conectividad. Por ejemplo, 5G facilitará el uso de Inteligencia Artificial (IA) para el manejo de cámaras de tráfico monitoreadas que ya no requerirán la interacción humana. Así, la gestión de tráfico inteligente controlada por IA se utilizará para monitorear y analizar los flujos de tráfico para evitar congestiones de tránsito y optimizar el alumbrado público.

A su vez, las iniciativas de ciudades inteligentes también tienen como objetivo monitorear y abordar las preocupaciones ambientales como el cambio climático y la contaminación del aire. La gestión de residuos y el saneamiento también se pueden mejorar con tecnología inteligente, ya sea utilizando contenedores de basura conectados y sistemas de gestión de flotas habilitados para IoT para la recolección y eliminación de residuos o utilizando sensores para medir el agua y garantizar su calidad.

#### 1.6 5G en el hogar

El acceso fijo inalámbrico es uno de los usos más extendidos de 5G para conectar hogares. De la misma manera, una línea fija se conecta a un enrutador doméstico, el FWA (Fixed Wireless Access) elimina la línea cableada por antenas 5G ubicadas en diferentes puntos, todas conectadas a través de la Red de Acceso de Radio 5G (RAN, por sus siglas en inglés).

El cambio de Internet cableado por una conexión inalámbrica para el hogar ya es utilizado con 4G LTE. Sin embargo, a medida que las redes 5G se vuelvan más sólidas, rápidas y económicas, será una propuesta más viable para más personas y permitirá que la tecnología móvil finalmente compita con las demandas de los servicios tradicionales de línea fija.

Por otra parte, 5G FWA permitirá a los operadores móviles ofrecer conectividad de banda ancha de alta velocidad incluso en áreas rurales, brindando acceso donde las líneas fijas basadas en cable módem o DSL son costosas de instalar y mantener.

La mayor capacidad de 5G también implica que se puedan conectar muchos más dispositivos de los que normalmente permitiría una red local. La conectividad 5G puede permitir el uso de sensores portátiles para monitorear la salud y el bienestar de los miembros más vulnerables de la sociedad, al tiempo que permite a los profesionales médicos usar dispositivos de telesalud para comunicarse y ayudar a los pacientes que simplemente no pueden viajar.

#### 1.7 5G y la atención médica

La atención médica verá el mayor cambio gracias a 5G. De todas formas, debido a las regulaciones estrictas que atañen al sector salud, los grandes cambios no se aplicarán en el corto plazo. Parte de estos cambios se han visto durante la pandemia, como teleconsultas (comunicación remota de los pacientes con médicos y profesionales de la salud). Estas actividades han tenido lugar en Argentina con redes 4G. Sin embargo, la telesalud requiere un cierto nivel de habilidad en el uso de la tecnología, y dado que el objetivo principal son los ancianos y los enfermos, a menudo faltan esas habilidades.

Con 5G, la telesalud mejorará la comunicación entre los profesionales de la salud. Compartir imágenes y datos entre ellos desde cualquier parte del mundo puede permitirles tomar decisiones más informadas, lo que en última instancia beneficia la atención del paciente. A su vez, la baja latencia y el alto ancho de banda permitirán que las videoconferencias se realicen en una definición mucho más alta, maximizando la interacción entre el paciente y el médico. Las imágenes de alta resolución y los resultados de las pruebas se pueden compartir entre profesionales de la salud, lo que mejora la precisión del diagnóstico, incluso cuando los expertos están distribuidos por todo el mundo.



# Disputas internacionales en torno a 5G

Desde 2018 recrudecieron las tensiones comerciales entre EE. UU. y China. La guerra de aranceles que se generó tiene como trasfondo el liderazgo de la revolución tecnológica de 5G.

El primer tópico de denuncia que recayó en Huawei fue sobre ciberseguridad. Bajo la presidencia de Donald Trump en EE. UU. la disputa se encuadró bajo el concepto de "Seguridad Nacional". Esto trajo varias consecuencias, que se pueden sintetizar en las siguientes:

- Se vetó el equipamiento chino dentro de territorio estadounidense, alegando la posibilidad de actividades de espionaje. Varios países, incluyendo Australia, Nueva Zelanda y el Reino Unido siguieron los pasos de EE. UU. De hecho, los operadores estadounidenses y británicos tienen que reemplazar el equipo chino ya instalado. Estas acciones implican inversiones de miles de millones de dólares que, en algunos casos, financiarán las administraciones nacionales.
- En 2019 se prohibió a empresas estadounidenses de microprocesadores hacer negocios con empresas de telecomunicaciones chinas por riesgos "para la seguridad nacional"
- Google prohibió incluir su tienda de aplicaciones en los smartphones de Huawei

Estados Unidos tiene la posición de que el desarrollo 5G sea del sector privado. Argumenta que, si bien Huawei es una empresa privada, tiene vínculos con el gobierno chino. En este escenario, el principal problema que enfrenta Estados Unidos es que ninguna empresa estadounidense puede ofrecer infraestructura similar a la que ofrecen los chinos y, sobre todo, a los precios chinos.

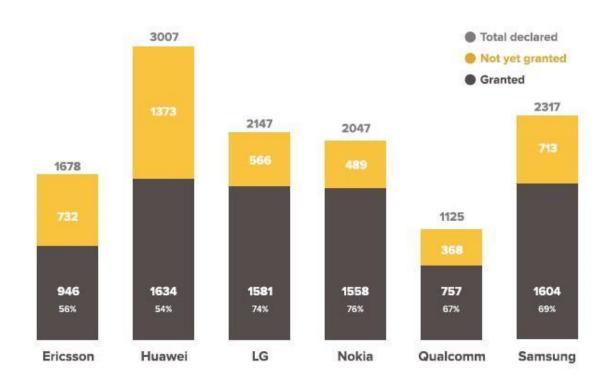
El dato clave es que quien tome la delantera en 5G dominará la infraestructura crítica del futuro. En la actualidad, existen cinco empresas en el mundo que ofrecen redes completas para 5G:

- Huawei (China)
- o Ericsson (Suecia)
- Nokia (Finlandia)
- Samsung (Corea)
- o ZTE (China)

Como se ve, ninguna es de EEUU.

Como toda tecnología, 5G involucra miles de patentes y en este plano también se da una disputa internacional. Datos de Amplified y GreyB<sup>5</sup> indican que a noviembre 2019 se declararon 18.887 familias de patentes esenciales al Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). Las empresas que figuran en el gráfico detentan el 65 por ciento; el resto se reparte entre unas 70 empresas.

#### Principales poseedores de patentes esenciales 5G



Fuente: Amplified / GreyB

La única empresa estadounidense que aparece entre las líderes es Qualcomm, dedicada al diseño de chips.

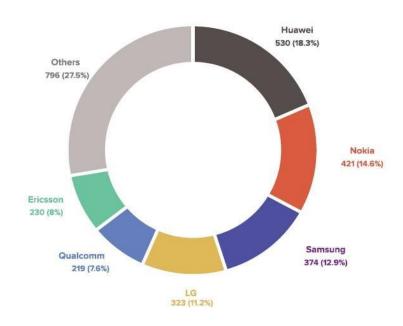
DE SERVICIOS MÓVILES

HACIA 6, LA FUTURA GENERACIÓN

CAI

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Amplified / GreyB, Updated Findings, Updated Findings on Essentiality of 5G declared Standard Essential Patentse SEP ya concedidas (2019) <a href="https://www.greyb.com/5g-patents/">https://www.greyb.com/5g-patents/</a>

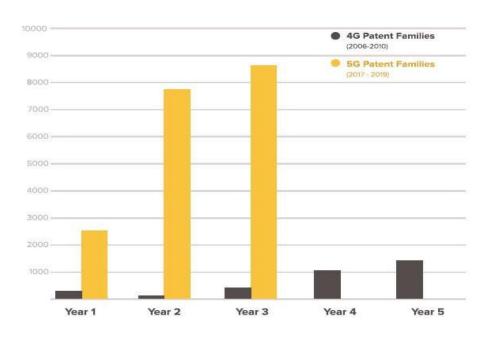
#### Distribución de familias clave de SEP ya concedidas



Fuente: Amplified / GreyB

Como tecnología disruptiva, 5G representa una carrera por la innovación. Debajo se puede comparar la cantidad de declaraciones de Patentes Estándar Esenciales (SEP) entre 4G y 5G en los primeros cinco años de la tecnología.

#### Declaración de patentes SEP 4G y 5G



Fuente: Amplified / GreyB

#### 2.1 La contraofensiva de estándares abiertos

Desde hace unos años, la industria de telecomunicaciones ha comenzado a escuchar el concepto Open RAN (Red de Acceso de Radio Abierta), que consiste en una nueva arquitectura de red que promueve la interoperabilidad a través de hardware, software e interfaces abiertas en las estaciones base de telecomunicaciones inalámbricas.

De esta manera, no se depende de un solo proveedor para toda la red. Al contrario, O-RAN permite generar un ecosistema abierto de proveedores para fomentar la innovación, acelerar los tiempos de despliegue y llegada al mercado, al tiempo que reduce costos, de acuerdo con los promotores de la tecnología.

En febrero de 2018 AT&T (EEUU), China Mobile, Deutsche Telekom (Alemania), NTT DOCOMO (Japón) y Orange (Francia) fundaron la O-RAN Alliance, establecida como entidad alemana en agosto de 2018. Esta asociación se ha convertido en una comunidad mundial de operadores de redes móviles, proveedores e instituciones académicas y de investigación.

La misión de la alianza tecnológica es remodelar la industria de RAN hacia redes móviles más inteligentes, abiertas, virtualizadas y totalmente interoperables. Para ello, O-RAN Alliance trabaja en tres grandes ejes:

- Especificaciones: extender los estándares RAN hacia la apertura y la inteligencia artificial
- Comunidad de software: desarrollo de software abierto para la RAN (en cooperación con la Fundación Linux)
- Esfuerzo de prueba e integración: apoyo a las empresas miembro de O-RAN en la prueba e integración de sus implementaciones

Además de los socios fundadores, el directorio de la alianza también está formado por operadores de varios países: Bharti Airtel, DISH Network, KDDI, Rakuten Mobile, Reliance Jio, Singtel, TIM, Telefónica y Verizon.

#### 2.2 Desafíos tecnológicos de 5G

Más allá de que aún no hay un modelo de negocios claro para los operadores que lanzaron 5G, la mayoría de las redes 5G que están en funcionamiento utilizan un modelo de implementación no autónomo (NSA, por non stand alone). Esto significa, en gran medida, que en realidad no hay mucha tecnología 5G en la red; esencialmente son redes 4G con cobertura adicional de un nodo de radio de acceso inalámbrico<sup>6</sup> 5G.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Radio de acceso inalámbrico, comúnmente conocida como RAN, sigla de Radio Access Network.

En consecuencia, si un usuario tiene un dispositivo de "conectividad dual", puede conectarse a 4G y 5G.

El desafío es la migración a un sistema 5G autónomo (SA, por stand alone) y, por lo tanto, a un modelo de implementación independiente que coexista e interactúe con 4G. Para que esto suceda, la red central 4G y los nodos RAN 4G existentes deben modificarse para que funcionen con la red central 5G.

5G, al igual que el resto de tecnologías móviles, está en constante evolución a través del desarrollo de nuevas capacidades que están documentadas en las especificaciones técnicas de 3GPP. Estos se clasifican en diferentes versiones ("releases") y 5G aparece por primera vez en el conjunto de especificaciones de la Versión 15. Estos se han mejorado posteriormente a través de Release 16 y 17 y, más recientemente, Release 18, conocido como 5G Advanced, como se muestra en el siguiente gráfico.

# Release 15 Release 16 Release 17 Release 18 Functional Freeze 2019 2020 2021 2022 2023

Evolución de versiones 5G

Fuente: Mpirical

El gráfico ilustra el cronograma de desarrollo actual para 5G y las fechas en las que las especificaciones técnicas se planean. En otras palabras, el trabajo de estandarización está completo y los proveedores pueden enfocarse en la implementación de las características listas para el despliegue comercial típicamente 12 a 18 meses después. Las mejoras asociadas con la versión 18 se acordaron en diciembre de 2021, dos años antes de su finalización anticipada.

#### 2.3 5G en Argentina

La implementación de 5G en Argentina conlleva algunos desafíos regulatorios. En primer lugar, un ordenamiento del espectro radioeléctrico. Es que a diferencia de generaciones anteriores, 5G utilizará muy variadas bandas de espectro, dependiendo los escenarios de uso y sus aplicaciones.

Las diferentes características físicas del espectro (por ejemplo, el alcance, la penetración en las estructuras y la propagación alrededor de los obstáculos) hacen que algunas aplicaciones sean más adecuadas y se espera que se desplieguen en determinados rangos de espectro. En términos de características físicas, el espectro puede dividirse en los siguientes tres rangos

Espectro bajo: hasta 1 GHz

Espectro medio: entre 1 y 6 GHz

Espectro alto: sobre 6 GHz

Cada rango de espectro tiene características específicas que lo hacen adecuado para ciertos escenarios de implementación.

- Espectro bajo tiene muy buenas capacidades de propagación que lo hacen esencial para una gran cobertura de área.
- Espectro medio proporciona un tipo de cobertura más factible para el despliegue urbano, con mayor capacidad de transmisión.
- Espectro alto o de bandas milimétricas tiene una cobertura muy limitada, pero podría proporcionar una capacidad de transmisión muy alta

En Argentina, desde hace al menos cuatro años se trabaja en un Plan de Espectro, demorado en su publicación, que reordenaría el insumo esencial para los servicios inalámbricos. Por lo pronto, el Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM) ya identificó las bandas de espectro donde desplegar 5G: 1500 MHz (1427-1518 MHz); AWS-3 (1770-1780 MHz / 2170-2200 MHz); 2300-2400 MHz; 3300-3600 MHz; 26 GHz (24,25-25,75 GHz); 38 GHz (37-43,5 GHz)<sup>7</sup>.

Sin embargo, parte de ese espectro está siendo utilizado por otros servicios, por lo que se deben migrar. Es un proceso que está bajo estudio y análisis avanzado, pero la migración requiere tiempo (dos años, por regulación). Además, para que el uso del espectro sea efectivo por parte de los operadores se debe atribuir el espectro (decir para qué servicio se utiliza el recurso radioeléctrico) y luego asignar (darlo a los operadores mediante licitaciones, subastas u otro proceso a definir).

Dependiendo de la banda de espectro que se utilice, se requerirán más antenas para lograr la misma cobertura. En este sentido, 5G requerirá un número muy superior de antenas que 4G. Para tener una idea, en Estados Unidos existen 154.000 torres de servicios móviles y se proyectan más de 800.000 células pequeñas (small cells) para 2026, producto de la expansión de 5G y su necesidad de densificación de redes, de acuerdo con la Cellular Telecommunications Industry Association (CTIA).

HACIA 6, LA FUTURA GENERACIÓN DE SERVICIOS MÓVILES CAI

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Boletín Oficial, Resolución 2199/2021, ENTE NACIONAL DE COMUNICACIONES <a href="https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/255562/20211231">https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/255562/20211231</a>

Otro de los desafíos que enfrenta Argentina es el despliegue de fibra óptica para conectar las antenas que hacen viable el 5G, que incluyen diferentes tipos, desde las ubicadas en las radiobases actuales hasta pequeñas antenas similares a los módems hogareños.

5G acelerará la densificación con fibra y celdas pequeñas por varios motivos. 5G utilizará espectro de ondas milimétricas en áreas urbanas, que puede proporcionar un mayor rendimiento, pero en distancias más cortas. Será necesario implementar muchas más celdas pequeñas para proporcionar cobertura 5G. Las redes 5G colocan más potencia de procesamiento en el núcleo y en el borde de la red, lo que significa que las redes necesitarán aún más conectividad de fibra para dar respuesta a los nuevos servicios.

Fiber Broadband Association, de EE. UU. estimó que por milla cuadrada (2,59 km2) ocupada por celdas pequeñas, los operadores deberán implementar 13 km de fibra. La estimación asume que 60 celdas pequeñas están espaciadas a 230 metros en cada milla cuadrada. Eso significa que solo en las 25 áreas urbanas más importantes de los Estados Unidos se necesitará desplegar más de 400.000 km de fibra. Para tomar proporción de cuánta más fibra se necesitará, durante 2018 en Estado Unidos se implementaron 80.000 km de fibra en pequeñas celdas. En otras palabras, se puede inferir que 5G requerirá cinco veces más de fibra óptica.



#### El camino hacia 6G

A medida que la tecnología móvil 5G gana presencia en el mundo, la industria TIC ya comenzó su camino hacia 6G. Es que, como se plasmó anteriormente en este trabajo, las tecnologías móviles cambian de generación una vez por década. Algunos de estos cambios pueden ser más radicales que otros, como el caso de 3G a 4G, donde el protocolo IP ganó preponderancia e Internet se volvió realmente móvil. No parece ser el caso de 5G a 6G, al menos en las consideraciones iniciales de la próxima G.

Prácticamente todos los objetivos conocidos de 6G están planteados en 5G. En otras palabras, puede entenderse como un proceso de evolución continuo que comprenderá que las nuevas versiones sean retrocompatibles con las generaciones anteriores.

6G está en proceso inicial de desarrollo, en investigación. Entre las empresas que mostraron interés por la nueva G se encuentran Nokia, Ericsson, Huawei, Samsung, LG, Apple, Xiaomi. Y entre los países figuran EE. UU., India, Japón, Corea del Sur, China y Finlandia.

Durante el último Mobile World Congress (MWC) que se realizó en Barcelona a finales de febrero de 2022, el Ministerio TIC de Corea del Sur anunció 2028/2030 como la fecha de inicio del 6G coreano. No obstante, EEUU, China y Japón dicen que 6G comercial no comenzará antes de 2030.

El MWC sirvió de escenario para que tuvieran lugar reuniones entre delegaciones de países con 6G como objetivo de colaboración. Delegados de Corea del Sur mantuvieron encuentros con representantes de los EE. UU., Finlandia e Indonesia. El juego de relaciones internacionales en torno a 6G ya comenzó. Por ejemplo, Japón ha establecido asociaciones 6G con EEUU, Finlandia y el Reino Unido. Estas asociaciones, por ahora, son más declaraciones de intenciones que otra cosa, aunque el país asiático ha presentado el Consorcio Beyond 5G Promotion, donde participan organismos de gobierno, la Universidad de Tokio, empresas como BroadBand Tower, Peatix, NTT, Softbank, KDDI, Rakuten, el Instituto Nacional TIC, entre otros. EEUU, por su parte, ha centrado las actividades para la próxima generación de servicios móviles en el mundo académico, con esfuerzos adicionales de las agencias del gobierno de Estados Unidos y de las Organizaciones de Desarrollo de Normas, como Communications Sensing TeraHertz, la Universidad de Nueva York, el 6G@UT de la Universidad de Texas, un nuevo centro de investigación para sentar las bases del 6G, entre otros<sup>8</sup>.

-

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> 5G Americas, Mobile Communications Towards 2030 <a href="https://www.5gamericas.org/mobile-communications-towards-2030/">https://www.5gamericas.org/mobile-communications-towards-2030/</a>

Si bien la próxima generación de conectividad móvil aún se encuentra aproximadamente a diez años vista, la cantidad de iniciativas 6G en curso a escala mundial, y las inversiones correspondientes brindan una perspectiva que se definirá con el correr del tiempo. El sector público y el privado han comenzado a invertir en acciones de investigación e innovación (I+i) para hacer frente a las necesidades que probablemente demandará el 6G cuando sea una realidad comercial alrededor de 2030.

La nueva tecnología incluye casos de uso prometidos en redes 5G pero aún no concretados, y escenarios más avanzados que son emergentes en el contexto de las redes de próxima generación/6G, como frecuencias de terahercios, comunicaciones táctiles/hápticas, servicios ubicuos (terrestres, aéreos, espaciales, marítimos), servicios médicos/de salud, gobierno/seguridad nacional, imágenes y detección, primeros auxilios/servicios de emergencia, sistemas de ciberfísica, servicios de transporte, entre varios otros.

Desde 2019 existen esfuerzos internacionales específicos de las naciones líderes en la industria celular en lo que denominan más allá de 5G (B5G o Beyond 5G) y 6G que se detallan a continuación<sup>9</sup>:

#### **Diversas iniciativas B5G/6G**

País	Iniciativa
Australia	<ul> <li>Estrategia Australiana para Economía Digital (AU\$ 1.200 millones)</li> <li>Iniciativa Manufactura Moderna (AU\$ 1.300 millones)</li> <li>Seguridad y banco de pruebas 5G y 6G (AU\$ 31,7 millones en 4 años)</li> </ul>
EE. UU.	Las actividades de Next G se centran principalmente en la academia con esfuerzos adicionales de las agencias del gobierno y las Organizaciones de Desarrollo de Estándares (SDO). En octubre de 2020, la Alianza Soluciones para la Industria de Telecomunicaciones (ATIS) lanzó Next G Alliance (NGA), una iniciativa con el objetivo de sentar las bases de 6G en América del Norte. El grupo cuenta con 48 miembros fundadores y contribuyentes, incluidos Google, Apple, Microsoft, Facebook, Samsung, Ericsson, Nokia, Qualcomm y la mayoría de los principales operadores en EE. UU. y Canadá
Japón	En junio de 2020, el Ministerio de Comunicaciones trazó su "Camino hacia 6G". En este sentido, creó un panel 6G para discutir y analizar los desarrollos tecnológicos y casos de uso, que incluyó a representantes del sector privado e investigadores universitarios. Dispuso USD 380 millones para tal fin.
Corea del Sur	En agosto de 2020, el Ministerio de Ciencia y TIC (MSIT) anunció US\$ 170 millones de apoyo público en I+D en 6G entre 2021/2026. Durante esa primera fase, el MSIT se concentrará en construir tecnología central 6G de alto riesgo, no cubierta por la inversión privada."
China	En 2019, China lanzó oficialmente la investigación y el desarrollo de sus redes móviles 6G. El Ministerio de Ciencia y Tecnología creó dos grupos de trabajo. El

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> 6G World, 6G Fundamentals: Vision & Enabling Technologies Towards Trustworthy Solutions & Resilient System <a href="https://www.6gworld.com/wp-content/uploads/2021/07/6G-Vision-Enabling-Technologies-David-Soldani-1-3.pdf">https://www.6gworld.com/wp-content/uploads/2021/07/6G-Vision-Enabling-Technologies-David-Soldani-1-3.pdf</a>

\_

	primero está formado por agencias gubernamentales y es responsable de promover la investigación y el desarrollo de 6G. El segundo grupo, conocido como "China 6G Wireless Task Force" está formado por proveedores, operadores, agencias de investigación chinas y universidades chinas. Su propósito es formar un panel encargado de exponer el desarrollo de 6G y probar su factibilidad científica.
Europa	Dentro del programa marco de I+D+i "Horizonte 2020 de la UE", existen tres proyectos centrados en 6G: Hexa-X, RISE-6G y NEW-6G. La Comisión Europea (CE), dentro del programa marco Smart Network and Service, ha propuesto un presupuesto de 900 millones de euros para invertir en investigación 6G, con especial atención al liderazgo en estandarización y al impulso del despliegue de 5G.

Fuente: 6G Fundamentals: Vision & Enabling Technologies Towards Trustworthy Solutions & Resilient System

El complejo entramado tecnológico, la integración de cadenas globales de suministros y la necesidad de estándares globales requerirá de una colaboración internacional que, de cara a 6G, arrastra los inconvenientes geopolíticos desatados por 5G. En este marco, China ha criticado públicamente a EE. UU. y empresas occidentales por avanzar en la colaboración 6G sin el gigante asiático. El Ministerio de Ciencia y Tecnología de China señaló que el país ha estado cooperando con sus contrapartes extranjeras durante décadas y que apoyan la cooperación internacional en 6G.

De todas formas, la creación real de 6G ocurrirá a nivel de la industria y en el 3GPP, no en las oficinas gubernamentales. Pero las decisiones que toman los gobiernos en la actualidad tendrán un gran impacto en la forma en que se desarrolla la próxima generación de servicios móviles.

## 3.1 Iniciativas de estándares

Los encuentros de los grupos de estándares de diferentes organizaciones internacionales para definir estándares de 6G ya comenzaron. En marzo 2021, el Working Party 5D (WP 5D)<sup>10</sup> de la Unión Internacional de Telecomunicaciones estableció la discusión sobre el desarrollo de las nuevas recomendaciones ITU-R sobre "IMT visión - framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond" la cual contiene la hoja de ruta hacia el "IMT-2030" (6G).

En febrero 2022, en la reunión WP 5D #40, hubo progresos al definir varios escenarios de uso para 6G, que fueron en seis:

HACIA 6, LA FUTURA GENERACIÓN DE SERVICIOS MÓVILES

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> WP 5D es responsable de los aspectos generales del sistema de radio de los sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), que incluyen IMT-2000, IMT-Advanced, IMT-2020 e IMT para 2030 y más allá. <a href="https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsq5/rwp5d/Pages/default.aspx">https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsq5/rwp5d/Pages/default.aspx</a>

- Escenario de uso A: comunicaciones y conectividad inmersivas, ampliación de eMBB.
- Escenario de uso B: comunicaciones súper ultra críticas
- o Escenario de uso C: Comunicaciones de tipo de máquinas masivas y ubicuas
- Escenario de uso D: Banda ancha para todos, cobertura de toda la Tierra
- Escenario de uso E: Cómputo Servicios de IA, Servicios de IA de red de calidad garantizada
- Escenario de uso F: detección y comunicación

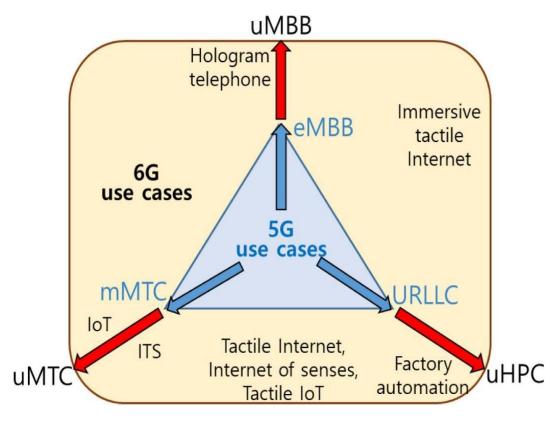
Como puede observarse, los primeros tres escenarios de uso de 6G están muy relacionados con los tres casos de uso de 5G, aunque potenciados.

La visión de un proceso continuo de evolución de 5G hacia 6G es compartida por diferentes estudios. Un artículo<sup>11</sup> del Instituto Coreano de Comunicaciones y Ciencias de la Información (KICS, por sus siglas en inglés) indica los siguientes escenarios de uso:

- Banda ancha ultra móvil (uMBB): los casos de uso en este escenario requieren una velocidad de datos mucho más alta que la requerida en el escenario de uso de 5G eMBB.
- Comunicación de tipo de máquina ultramasiva (uMTC): los casos de uso en este escenario requieren una cantidad mucho mayor de conexiones simultáneas por espacio que la requerida en el escenario de uso de comunicación de tipo de máquina masiva (mMTC) 5G.
- Comunicación de ultra alta precisión (uHPC): los casos de uso en este escenario requieren una latencia mucho más baja, una mayor confiabilidad, una sincronicidad más precisa o un posicionamiento más preciso que los requeridos en el escenario de uso de comunicaciones de baja latencia ultra confiable (URLLC) 5G. Estos requisitos se aplican de forma independiente o en combinación entre sí.

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> Perspectivas sobre las comunicaciones inalámbricas 6G, enero de 2022 <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240595952100182X#">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240595952100182X#</a>

6G: Evolución de casos de uso de 5G



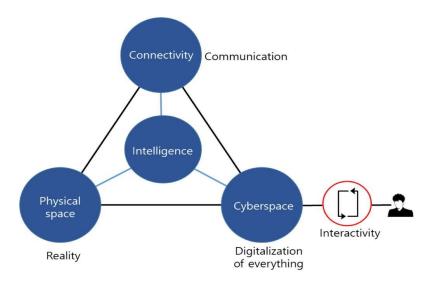
Fuente: KICS

KICS agrega otro escenario de uso que se puede emparentar con el que se explicó anteriormente (banda ancha para todos, cobertura de toda la Tierra):

Cobertura tridimensional extendida (e3DC): los casos de uso en este escenario requieren la integración de comunicaciones satelitales, terrestres móviles y no terrestres, incluidos drones, aerotransportados y estaciones de plataforma a gran altitud (HAPS) para proporcionar conectividad a todos los rincones. en la Tierra.

Pero, además del proceso evolutivo de 5G, en 6G aparece una nueva dimensión, la Inteligencia Artificial (IA), que conectará mediante sistemas de comunicación el mundo físico con el ciberespacio mediante la interactividad.

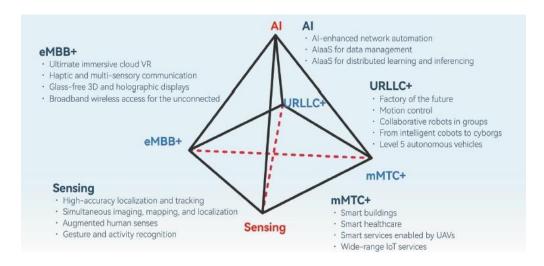
### La IA en el centro de 6G



Fuente: KICS

El papel central de la IA en 6G es también reconocido, entre otros, por Huawei. El proveedor de equipamiento explica<sup>12</sup> que 6G contará con una capacidad de IA nativa, que no será un complemento, sino que uno de los seis pilares para 6G es admitir la IA en todas partes. En este sentido, la IA será tanto un servicio como una característica nativa en el sistema de comunicación 6G, a la vez que esta tecnología será un sistema que conecte todo con todo (everything to everything, E2E).

## Casos de Uso Típicos de 6G



Fuente: Huawei

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> Huawei, 6G: The Next Horizon <a href="https://www.huawei.com/en/technology-insights/future-technologies/6g-the-next-horizon">https://www.huawei.com/en/technology-insights/future-technologies/6g-the-next-horizon</a>

Por supuesto que se deben sortear desafíos. En principio, Huawei reconoce tres:

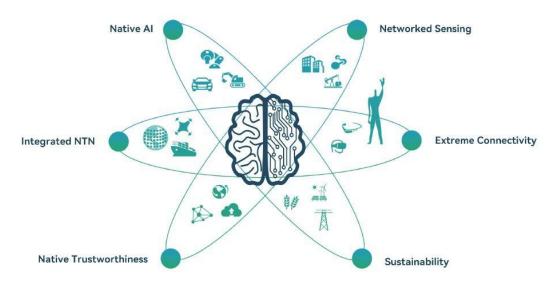
- 6G debería ser la plataforma más eficiente para la IA. Esto presenta nuevos desafíos en términos de cómo lograr un costo mínimo tanto para la comunicación como para la computación, cada uno de los cuales es un KPI para estudio futuro. Para minimizar los costos de comunicación, es necesario diseñar un sistema 6G que pueda transferir "big data" masivo para el entrenamiento de IA utilizando recursos de capacidad mínima. Para minimizar los costos de computación, es necesario implementar la computación distribuida de manera óptima en las redes, con el fin de aprovechar mejor la computación de borde móvil.
- Para admitir aprendizaje de máquina (machine learning, ML) 6G deberá permitir la recopilación de datos masivos del mundo físico (millones de veces más datos que en la actualidad) para que se pueda crear un mundo cibernético. Esto, sin embargo, plantea otro desafío importante para 6G: cómo comprimir de manera efectiva los datos de entrenamiento por lo que el ML se convierte en un tema nuevo y esencial en la investigación de 6G.
- Una arquitectura de aprendizaje colaborativo eficiente y distribuida será vital para reducir la carga computacional involucrada en el entrenamiento de IA a gran escala. La división de datos y la división de modelos para IA se incorporarán a la arquitectura de red 6G. En este sentido, las funciones de la red central 6G se impulsarán hacia una red de borde profundo, mientras que las operaciones de software basadas en la nube cambiarán hacia un ML masivo.

Además de la IA, los otros cinco pilares que encuentra Huawei para 6G son:

- Capacidad de detección de red (Networked Sensing). Bandas de espectro más altas, desde milimétricas hasta THz, mayores anchos de banda y una distribución más densa de antenas permitirán que 6G sea un solo sistema que integre la detección de señal inalámbrica y la comunicación, donde cada una de las cuales potenciará mutuamente a la otra. El sistema de comunicación en su conjunto puede servir como un sensor, explorando la transmisión de radio, la reflexión y dispersión de ondas para sentir y comprender mejor el mundo físico y así proporcionar una amplia gama de nuevos servicios.
- Conectividad extrema. 6G proporcionará conexiones inalámbricas universales de alto rendimiento y una experiencia con velocidades comparables a las de la fibra óptica, con hasta Tbps de velocidad pico, rangos de experiencia de 10-100 Gbps, latencia de menos de un milisegundo, un aumento de diez veces en la densidad de conexiones 5G, localización a nivel centímetros, imágenes a nivel milimétrico y fiabilidad del sistema permitirán servicios inmersivos

- centrados en el ser humano, además de acelerar la transformación digital a gran escala para la mejora de la productividad de las industrias verticales.
- Integración de redes terrestres y no terrestres. 6G integrará redes terrestres y redes no terrestres (NTN) para brindar una cobertura completa en todo el mundo, conectando a los que no están conectados. A medida que disminuya el costo de fabricación y lanzamiento de satélites, enormes flotas de satélites de órbita terrestre baja o muy baja (LEO/VLEO) se harán realidad en las NTN.
- Fiabilidad nativa (Native trustworthiness). La red 6G integrará varias capacidades como la comunicación, la detección, la computación y la inteligencia, lo que hace necesario redefinir la arquitectura de la red. La nueva arquitectura de red debe ser capaz de adaptarse con flexibilidad a tareas como la detección colaborativa y el aprendizaje distribuido para hacer proliferar las aplicaciones de IA a gran escala, en las que la fiabilidad debe estar garantizada como característica nativa. El concepto de "fiabilidad" abarca temas como la seguridad, la privacidad, la capacidad de recuperación, la seguridad y la fiabilidad.
- Sostenibilidad. El desarrollo ecológico y sostenible es un requisito fundamental y el objetivo último de los diseños de redes. Al introducir el concepto de diseño ecológico y la capacidad de IA nativa, 6G pretende mejorar la eficiencia energética global (definida en bits por Joule) 100 veces en toda la red y mantener el consumo total de energía (en unidad de Joules) más bajo que 5G.

## Pilares de las capacidades clave del 6G



Fuente: Huawei

# 3.2 La Inteligencia Artificial en 5G y 6G

Si bien no existe una definición universal de inteligencia artificial, puede entenderse como la capacidad de una máquina para realizar funciones cognitivas como percibir, razonar, aprender y resolver problemas. Una visión conceptual de la IA puede describirse como un "agente inteligente" que a su vez consta de tres elementos principales; sensores, lógica operativa y actuadores. Los sensores recopilan datos sin procesar del entorno mientras que los actuadores actúan para cambiar el estado de ese entorno.

El poder del agente inteligente es la lógica operativa, ya que debe, para un conjunto de objetivos definidos, tomar los datos de entrada de los sensores y proporcionar salida a los actuadores. El elemento de lógica operativa se compone de varios algoritmos que se utilizan para construir un modelo del entorno y luego interpretar este modelo para hacer predicciones, recomendaciones y decisiones, etc. Estos algoritmos forman la base de lo que se entiende como aprendizaje automático y aprendizaje profundo (machine learning y deep learning).

Los avances más recientes en IA se han logrado mediante la aplicación de Aprendizaje de Máquina a conjuntos de datos muy grandes. Los algoritmos de aprendizaje automático detectan patrones y aprenden a hacer predicciones y recomendaciones adecuadas mediante el procesamiento de datos y experiencias, en lugar de recibir instrucciones de programación explícitas. Además, los algoritmos también se adaptan en respuesta a nuevos datos y experiencias para mejorar su eficiencia con el tiempo.

Por otro lado, el Aprendizaje Profundo (Deep Learning) se puede definir como un tipo de aprendizaje automático que puede procesar una gama más amplia de recursos de datos, requiere menos procesamiento previo de datos por parte de humanos y, a menudo, puede producir resultados más precisos que las técnicas de Machine Learning más tradicionales.

En Deep Learning, las capas interconectadas de cálculos basados en software conocidas como "neuronas" forman una red neuronal que puede ingerir grandes cantidades de datos de entrada y procesarlos a través de múltiples capas que aprenden características cada vez más complejas de los datos. Es decir, la red tomará una decisión sobre los datos, sabrá si su decisión es correcta y luego usará lo aprendido para tomar mejores decisiones en el futuro con respecto a los nuevos datos de entrada.

5G, 6G y AI formarán una relación simbiótica. Las complejidades de la radio 5G / 6G requerirán la necesidad de aprendizaje automático e inteligencia artificial para optimizar dinámicamente los millones de celdas pequeñas 5G / 6G, sin mencionar los problemas de la introducción de Massive MIMO y formación de haz/dirección de haz. Por lo tanto, a medida que avance la adopción generalizada de 5G y la preparación de 6G, vale decir que la IA desempeñará un papel cada vez mayor en el apoyo no solo a

la operación de la red, sino también a la forma en que la personas interactúen y utilicen los nuevos servicios que se ejecutarán a través de ella.

## 3.3 Espectro radioeléctrico

El espectro es un insumo clave, necesario para proporcionar conectividad inalámbrica. Cada nueva generación de móviles requiere espectro nuevo para aprovechar plenamente las ventajas de las innovaciones tecnológicas.

Las mayores capacidades previstas para 6G, sumado a los nuevos casos de uso que habilitará la futura generación de servicios móviles, redundará en un incremento del tráfico inalámbrico. En consecuencia, será necesario un espectro más amplio, con el uso de nuevas bandas y frecuencias. Es sabido que tras varias generaciones de evolución de redes móviles, cada vez se despliegan más bandas de frecuencias nuevas para mejorar la red y los servicios.

Se espera que las principales bandas nuevas de la 6G sean las siguientes

- Nuevo espectro medio a 7-20 GHz para la capacidad urbana.
- Nuevo espectro bajo a 470-694 MHz para la cobertura extrema
- Nuevo espectro de THz más allá de 90 GHz para los picos más altos de velocidad de datos y detección.

# Sub-6 GHz 6 GHz 10 GHz mmW E-band THz Optical 2 4 6 8 10 20 60 100 140 500 ... 3000 (GHz) Low bands Mid-bands High bands Optical bands

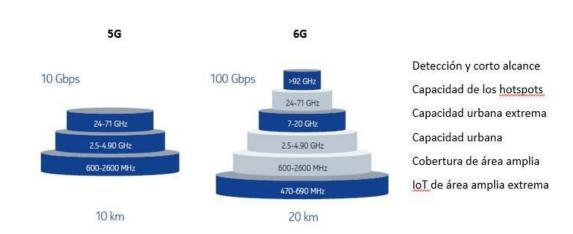
## Espectro para 6G

Fuente: Huawei

6G utilizará no sólo el espectro de ondas milimétricas (mmWave), que se habilitaron para 5G, sino también usará el espectro de THz para utilizar por primera vez todo el espectro para ofrecer una conectividad extrema. La comunicación en THz es una nueva tecnología inalámbrica que plantea numerosos retos a la ingeniería y a la física. En la actualidad, diferentes empresas y universidades llevan adelante investigaciones que exploran el diseño de dispositivos de alta potencia, nuevos materiales para antenas, transistores de potencia de radiofrecuencia, arquitectura de transceptores de THz en el chip, modelado de canales y procesamiento de señales. Que la tecnología THz se adopte con éxito en la 6G depende de los avances de ingeniería en los

componentes relacionados con los THz, como los transceptores electrónicos, fotónicos e híbridos y los conjuntos de antenas en el chip.

Espectro 5G y 6G: diferentes usos



Fuente: Nokia

Como se mencionó, las nuevas frecuencias de espectro que se estudian para 6G implican un gran desafío para la ciencia. A la fecha, no existen experiencias de comunicaciones masivas en las bandas de THz que tendrán una cobertura menor a las bandas de GHz. En la actualidad, ya es un reto la configuración de redes 5G en bandas milimétricas; la utilización de espectro en THz implica nuevos desafíos para la ingeniería y la inteligencia artificial.

El presente documento expone y explica los avances internacionales que existen para el desarrollo de 6G. No obstante, al analizar la información surge como interrogante la falta de especificaciones para la red "core" de la nueva generación de servicios móviles. Por lo pronto, esa información es prácticamente inexistente. Se sabe que las redes "core" viven desde hace algunos años un proceso donde el software gana mucha más preponderancia que el hardware, con la nube en el centro de la escena. De hecho, la virtualización de funciones de red (NFV, por sus siglas en inglés) y las redes definidas por software (SDN) no son soluciones realmente nuevas, incluso para la industria móvil.

Algunos proveedores de servicios están muy por delante del juego en términos de virtualización tanto de su red núcleo como de su RAN. Pero, a la vez, muchos no lo están y, como tal, existe un gran desafío para estos. Aunque los proveedores de soluciones buscan ayudar con la implementación inicial, existen muchos desafíos adicionales involucrados, entre ellos los asociados con prácticas operativas de sistemas de soporte de operaciones y de negocios (OSS/BSS) completamente nuevas.

En este sentido, la falta de definiciones sobre las redes core se relaciona con las dudas que genera el papel que tendrán la IA y la nube en las futuras redes. La necesidad de poder de cómputo, de procesamiento de datos y de IA que exigirán las nuevas redes estará disponible solamente en las nubes de algunas empresas, como Amazon, Microsoft, Google, entre otros. ¿La red "core" de 6G correrá en las nubes de estos grandes jugadores? Aún no hay respuestas.

## 3.4 Habilitadores tecnológicos clave para 6G

Hasta aquí, el documento ha expuesto los requisitos técnicos que requerirá una red 6G. Sin embargo, alcanzar velocidades de Tbps, disponibilidades del orden de los "siete 9", es decir, 99,99999 por ciento, lo que equivale a unos tres segundos de tiempo de inactividad al año y latencias del orden del 0,1 milisegundos (diez veces menor que 5G), requerirá que varias tecnologías habilitadoras también evolucionen.

**Al/ML** en el borde de red y en la RAN. A partir del crecimiento de dispositivos de bajo ancho de banda que forman redes masivas de IoT, además de dispositivos de alto ancho de banda como cámaras de videovigilancia, se generarán grandes cantidades de datos en el borde de la red. Por lo tanto, en lugar de transportar esta información a través de toda la red, deberá colocarse sistemas de Inteligencia Artificial y Aprendizaje de Máquina (IA/ML) en el borde de la red para extraer patrones útiles de los conjuntos de datos para detectar y predecir resultados futuros.

Además, para aprovechar todos los beneficios de esta "inteligencia", es posible que se requiera un análisis en tiempo real que aproveche aún más los beneficios de baja latencia de la informática de borde. Introducido en 5G, el papel de Al/ML dentro de la RAN aumentará en importancia. Esto incluirá no solo la optimización de la interfaz aérea operativa 6G, sino también en su diseño inicial y su posterior despliegue.

**Nube nativa.** En 5G, la nube ha permitido a los proveedores de servicios crear y operar aplicaciones escalables en entornos de nube dinámicos mediante la implementación de microservicios. Además, este enfoque ya se está extendiendo a la RAN a través de desarrollos como RAN Abierta, por lo que la llegada de 6G impulsará aún más este enfoque nativo de la nube en todo el ecosistema de la red y desdibujará las líneas entre RAN y Core. En este escenario, se prevé que la operación de la red se asigne dinámicamente dentro de una jerarquía de centros de datos en toda la topología de la red debido a los recursos disponibles, los requisitos de conectividad, la latencia y el consumo de energía.

**Evolución IP**. Organizaciones como 3GPP, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) e IETF (Internet Engineering Task Force) trabajan para ampliar las capacidades de las redes IP actuales para cumplir con los nuevos requisitos de 6G. Los ejemplos incluyen TSN (redes sensibles al tiempo), redes deterministas, dirección de tráfico, computación en la red y baja latencia/baja pérdida, por nombrar algunos.

**Seguridad**. Existe evidencia que sugiere que el panorama de amenazas seguirá evolucionando con ciberataques y vectores de amenazas cada vez más sofisticados. Como tal, 6G deberá incorporar la seguridad en su propio tejido para garantizar la aceptación social.



## **Conclusiones**

- El documento intenta sintetizar la evolución de las tecnologías móviles hasta la actualidad y describe el camino que comienza a trazarse hacia 6G. En primera instancia, queda claro que 5G tiene mucho recorrido por delante y promesas que cumplir, al tiempo que el camino hacia 6G forma parte de un continuo evolutivo, dado que prácticamente todos los objetivos conocidos de 6G están planteados en 5G.
- Las conversaciones e investigaciones sobre 6G han comenzado en un escenario tecnológico donde la geopolítica tiene un papel clave, con disputas internacionales donde las potencias mundiales juegan parte de su supremacía.
- Las nuevas tecnologías requerirán de recursos humanos ultra calificados, lo que expondrá la fragilidad en la materia de muchos países, incluida la Argentina.
- El documento esboza algunos de los desafíos que tiene Argentina para la implementación de 5G. El país se encuentra demorado en la adopción de la tecnología debido a demoras regulatorias que retrasan la licitación de espectro necesaria para el lanzamiento de servicios.
- Existen definiciones teóricas de lo que debería ser 6G. Sin embargo, estas definiciones desafían el estado actual de la ingeniería, la física y la ciencia.
- Entre los postulados de 6G aparece como tema la cobertura global de la tecnología (una situación que no es nueva y existe también para generaciones móviles anteriores) aunque la promesa tendrá severos límites técnicos.
- La Inteligencia Artificial será un aspecto clave de 6G. Sin embargo, la misma es tema de estudio en varios países en cuestiones como ética, sesgo algorítmico y gobernanza, entre otros.
- Los avances tecnológicos para la evolución a 6G se encuentran fuera de las posibilidades actuales de la Argentina, lo que lleva a la pregunta de qué papel jugará el país en este proceso y que apropiación habrá de la tecnología y su innovación.
- Por último, cabe preguntarse si es necesaria la 6G. En la actualidad es difícil de responder, pero lo que es seguro es que existirá.

# **Centro Argentino de Ingenieros**

Twitter: @CAingenieros

Instagram: @centroargentinoingenieros

Youtube: https://www.youtube.com/channel/UCvKViEMB0eH9IOTwNj\_oJBg

Facebook: https://www.facebook.com/centroargentinodeingenieros

Linkedin: https://www.linkedin.com/company/cai-centro-argentino-de-ingenieros/

Página web: http://cai.org.ar