

Nuevos modelos de negocio con plataformas de tecnología 5G-6G

New business models with 5G-6G technology platforms

Pedro CÁNOVAS TAMAYO

Universidad Carlos III de Madrid

pedro.canovas@rtve.es

0000-0001-9342-7166

Recepción: Junio 2023

Aceptación: Diciembre 2023

RESUMEN

5G y el 6G son tecnologías de comunicación móvil que ofrecen una gran velocidad, capacidad y fiabilidad para la transmisión de datos. Estas tecnologías tienen una gran importancia global y particular para la Unión Europea, ya que pueden impulsar el desarrollo económico, social y ambiental de sus Estados miembros y además facilitar el mercado único digital. El estudio de los modelos de negocio 5G y 6G es un tema de gran interés y relevancia para el ámbito académico y empresarial, ya que estas tecnologías suponen una transformación radical de las comunicaciones móviles y de sus aplicaciones en diversos sectores. Sin embargo, también es un tema que presenta una serie de lagunas o gaps de investigación, debido a la novedad y la complejidad de estas tecnologías, así como a la incertidumbre sobre su evolución y su impacto. Este documento pretende responder a cómo podrían transformarse y adaptarse los modelos de negocio basados en la tecnología 5G a ese nuevo modelo que ofrecerá transacciones y plataformas nuevas e innovadoras basadas en la tecnología 6G.

Palabras clave: tecnologías de comunicación, 5G, 6G, transformación digital, modelos de negocio.

Clasificación JEL: O33, L96.

ABSTRACT

5G and 6G are mobile communication technologies that offer high speed, capacity and reliability for data transmission. These technologies are of great global and particular importance for the European Union, as they can boost the economic, social and environmental development of its member states and also facilitate the digital single market. The study of 5G and 6G business models is a topic of great interest and relevance for academia and business, as these technologies represent a radical transformation of mobile communications and their applications in various sectors. However, it is also a topic that presents a number of research gaps, due to the novelty and complexity of these technologies, as well as uncertainty about their evolution and impact. This paper aims to answer how business models based on 5G technology could be transformed and adapted to this new model that will offer new and innovative transactions and platforms based on 6G technology.

Keywords: communication technologies, 5G, 6G, digital transformation, business models.

JEL Classification: O33, L96.



1. INTRODUCCIÓN

La velocidad con la que evoluciona la industria de las telecomunicaciones hace que surjan nuevos modelos de negocio en una era digital y que las industrias tradicionales vean peligrar el suyo. Las redes inalámbricas han cambiado y transformado la industria gracias a que las mismas proporcionan velocidades impensables hace poco, latencias de milisegundos (García-Saavedra et al., 2020 y 2017), aplicaciones novedosas que proporcionan una conexión dispositivo-objeto, y una virtualización como base para negocios en múltiples sectores.

La actual conectividad 5G se caracteriza por ser un servicio que prestan operadores que ya están establecidos en el mercado, con inversiones en infraestructuras y licencias, que son, concedidas por los reguladores nacionales a largo plazo con un cierto matiz de exclusividad.

La responsabilidad del operador de Red Móvil Centralizado (conocido por sus siglas en inglés MNO) de prestar esos servicios es dinámico. Dinámico porque se apoya en el despliegue de redes 5G definidas a través de software (conocidas por sus siglas en inglés SDN) (Dardari et al., 2017; Fernández-González et al., 2018, Jokhio et al., 2020), con virtualización de funciones de red (conocidas por sus siglas en inglés NFV), redes slicing, cloudificación, desarrollo de nuevos servicios de negocios en el propio edge de cada operador, y el desarrollo de ecosistemas verticales de servicios y aplicaciones.

La aplicación de la inteligencia artificial, el cloud computing, el big data y el edge en las redes, junto a una conectividad a través de redes inalámbricas en tiempo real, ha empezado a cambiar muchos aspectos de nuestra vida personal, de nuestra vida laboral y de la propia estructura de la economía. Las tecnologías de comunicación y difusión de la información están evolucionando para hacer crecer la productividad que hoy por hoy estaba paralizada (Rajput et al., 2016). Con la futura irrupción del 6G, asuntos sociales relacionados como la inclusión, la sostenibilidad o la transparencia se verán favorecidos.

Los operadores tradicionales de telecomunicaciones mantendrán la conectividad básica como base de su negocio, sin embargo, ya se está produciendo un cierto posicionamiento para ir más allá de ese rol de proveedor de conectividad. El acceso a los datos y su propiedad son factores creadores de valor, y limitar el acceso a los mismos es una medida de control. Recopilar los datos, compartirlos y analizarlos en tiempo real es una fuente de valor a futuro, introduciendo nuevos roles a las partes interesadas, pero también es fuente de incertidumbre y preocupaciones sobre la privacidad (Ullah et al., 2019; Cerdà-Alabern et al., 2021) la ubicación y el uso de los mismos. La entrada en el escenario de la Inteligencia Artificial (IA), permite y permitirá analizar no sólo cómo se ve algo, sino como se ve en su contexto, cuál es su significado y cuál es su función. Fomentará la aparición de herramientas, réplicas digitales (Digital Twins), concepto que se origina en

la NASA, de productos, servicios o procesos en Internet, y así analizar las debilidades sin necesidad de construir costosos prototipos, cuya mejora supondría un coste considerable.

Todo este cambio tecnológico permite hacer pensar que se producirá un incremento en la investigación en nuevas tecnologías, en servicios modulares fuera de las compañías, y por consiguiente en un incremento en las perspectivas económicas, permitiendo generar las tan ansiadas economías de escala. Este ámbito, el económico, debe analizar cómo hacer compatible la demanda y la oferta con un crecimiento sostenible, en un mundo en el que aparecen nuevos mercados y otros se transforman todo ello con nuevos agentes.

Desde un punto de vista industrial, la transformación de la red actual hacia la conectividad 5G y futuras, pone de manifiesto un cambio en los modelos de negocio (García-Dorado et al., 2019). Estos nuevos modelos lo son de plataformas básicamente de datos y algoritmos que prestan servicios. Desde un punto de vista empresarial, los análisis se apoyan en modelos MNO y en discusiones de carácter técnico a nivel industrial o de plataformas para prestar servicios sin entrar en los modelos de negocio.

54

Ambas corrientes, industrial y empresarial, están de acuerdo en crear ecosistemas a su alrededor generando plataformas que estén entrelazadas entre sí, creando un modelo colaborativo e integrador de servicios basados en la web con un modelo de negocio que se apoya en la cloud.

No obstante, los modelos de negocio son básicamente dos, el de proveedor de servicios de conectividad y el de diferenciación de los mismos. Una variable emergente, que cambiará el modelo de negocio, será la irrupción de la tecnología 6G, sobre la que hay pocos estudios económicos. Entonces, ¿cómo podrían transformarse y adaptarse los modelos de negocio basados en la tecnología 5G a ese nuevo modelo que ofrecerá transacciones y plataformas nuevas e innovadoras basadas en la tecnología 6G?

El estudio de los modelos de negocio 5G y 6G es un tema de gran interés y relevancia para el ámbito académico y empresarial, ya que estas tecnologías suponen una transformación radical de las comunicaciones móviles y de sus aplicaciones en diversos sectores. Sin embargo, también es un tema que presenta una serie de lagunas o gaps de investigación, debido a la novedad y la complejidad de estas tecnologías, así como a la incertidumbre sobre su evolución y su impacto. Este documento pretende responder a cómo podrían transformarse y adaptarse los modelos de negocio basados en la tecnología 5G a ese nuevo modelo que ofrecerá transacciones y plataformas nuevas e innovadoras basadas en la tecnología 6G.

La estructura de este trabajo es la siguiente: en el capítulo 2 se muestran los métodos y marcos teóricos para estudio de problemas complejos en un entorno de acción aprendizaje de modelos de negocio 5G y 6G, en el capítulo siguiente se estudia el escenario de 6G,



después el estado de la economía y la industria actual 5G. El documento finaliza con las conclusiones sobre la evolución de 5G a 6G.

2. MÉTODOS Y MARCOS TEÓRICOS

S. Inayatullah (2008) propone un enfoque metodológico que busca combinar la teoría y la práctica en la resolución de problemas complejos y anticipar posibles soluciones en el futuro. Este enfoque se basa en la idea de que la anticipación es fundamental para resolver problemas complejos, y que la acción de aprendizaje (action learning) es la mejor forma de lograrlo. Se enfoca en la creación de sistemas anticipatorios, donde se integra la anticipación en todos los aspectos del proceso de resolución de problemas.

La teoría se basa en tres principios clave:

- **Anticipación:** la anticipación es una herramienta fundamental para resolver problemas complejos. Para anticipar correctamente, es necesario analizar los patrones de cambio y los factores que los impulsan.
- **Acción:** el aprendizaje a través de la acción (action learning) es la mejor forma de abordar problemas complejos. Esto implica la creación de un entorno de experimentación y reflexión, donde se puedan probar y mejorar soluciones.
- **Sistemas:** los problemas complejos son el resultado de sistemas complejos, por lo que la resolución de problemas debe ser una actividad sistémica. Esto implica la identificación de los factores clave que influyen en el problema y la creación de sistemas integrados que aborden todos los aspectos relevantes.

55

En la práctica, implica la creación de un equipo multidisciplinario que pueda analizar y resolver problemas complejos desde una perspectiva anticipatoria. Este equipo debe tener habilidades para analizar tendencias y patrones de cambio, y para identificar los factores clave que pueden influir en el problema. También debe tener la capacidad de crear soluciones y probarlas en un entorno de acción-aprendizaje. Inayatullah (2008) aplicó estrategias y métodos de análisis cualitativo como una investigación de acciones orientadas a futuro (Boccardi et al., 2014, Cortés-Moreno et al., 2018) en el que se estudia la evolución del 5G y los elementos de las plataformas 6G. Este método es interactivo y participativo, y se desarrolló para abordar la gestión del cambio, utilizando el conocimiento interdisciplinario, involucrando a investigadores, profesionales y organizaciones, con un impacto que va más allá del propio proyecto de investigación. Fruto de ello, y como consecuencia del 6G el Wireless Summit celebrado en 2019 en Levi, fue el inicio de redacción del primer libro blanco sobre 6G (Latva-aho y Leppänen, 2019). Participaron en su elaboración los mayores fabricantes de infraestructuras, operadores, reguladores, y los estamentos académicos. Los grupos de trabajo creados y cuyas conclusiones servirían para su elaboración trataban sobre los casos de uso, el impulso comercial y de la sociedad (Arcía-Saavedra et al., 2019), el hardware de radio y

el espectro, la nueva interface aérea, las nuevas tecnológicas de red y los habilitadores para nuevos servicios.

En cuanto a los modelos de negocio estos se centran en procesos creadores de valor, con tres estrategias: 1) Oportunidades de negocio exploradas y explotadas, 2) Valor creado y capturado, y 3) ventajas competitivas exploradas y explotadas. Estos modelos se centraban en la tecnología, básicamente en la arquitectura de las redes y en los servicios ofrecidos. La información y comunicación sobre plataformas con infraestructura de base tecnológica, ha sido la base para crear ecosistemas que permiten orquestar y organizar los recursos y las actividades de las empresas. Para este contexto digitalizado, Weill y Woerner (2018) exploran cómo las empresas pueden adaptarse y prosperar en un ecosistema digital cada vez más complejo. Los autores destacan la importancia de tener una estrategia clara y una mentalidad digital para aprovechar las oportunidades y minimizar los riesgos en este entorno en constante cambio (Kane et al., 2015; Sarmiento et al., 2018). Además, presentan un marco para ayudar a las empresas a evaluar su madurez digital y desarrollar un plan de acción para mejorarla. Proponen cuatro tipos de modelos de negocio: 1) modelo de proveedor que funciona en una cadena de valor de otra empresa, 2) el modelo multicanal que hace que las empresas se reestructuren para atender a sus clientes a través de varios puntos de contacto tanto físicos como digitales, 3) el modelo modular que se basa en interfaces plug-and-play para complementar sus ofertas, y 4) el modelo de ecosistema que construye una plataforma centrada en el cliente para facilitar las interacciones.

Cada uno de estos cuatro tipos de modelos de negocio cambian en cuanto a sus propuestas de valor y en cuanto a sus modelos de ingresos. Estar conectado permite interactuar, permite disponer de contenidos y servicios y sobre todo permite transferir conocimiento. Todo ello sobre plataformas de datos, de información y de contextos. Todos tienen una tipología de negocio 4C, con capas anidadas, en donde la capa inferior está ocupada por aquellos que nos son necesarios para la creación de valor al facilitar las herramientas necesarias para que las capas superiores sean creadoras de valor.

Otro modelo de negocio es aquel que se apoya en plataformas modulares y de servicios. Este tipo se puede catalogar en: 1) plataformas propias (una empresa y sus unidades internas), 2) en plataformas con cadena de suministro (una red de empresas y sus proveedores) y 3) plataformas de ecosistema (un actor entre otros, con una tecnología y negocio en el ecosistema definidos por todos los miembros del mismo). En este caso han de estar bien definidas las interrelaciones y el diseño de las reglas de cómo es la plataforma y como se intercambia la información. Se han de diseñar los estándares y programas de interrelación (APIs).



3. EL ESCENARIO 6G

La utilización de la tecnología 6G permitirá llevar elementos de computación al edge y un aumento de las interfaces de información tanto local como instantánea. Los servicios de “connecting intelligence” además de permitir la creación de plataformas dinámicas con recursos de información y servicios locales, supondrán ahorros energéticos permitiendo interactuar tanto con los sentidos humanos como con sistemas neuronales, y en el extremo que de una manera totalmente descentralizada.

Ese movimiento hacia mercados de conectividad y de recursos de red puede hacer más eficiente la relación oferta-demanda, y en última instancia, maximizar el valor económico, dentro de la industria. Los mercados de datos ofrecen una nueva oportunidad de negocio, donde la propiedad de los datos es una fuente de creación de valor y porque no decirlo de control de acceso. Esa propiedad evoluciona desde el contenido de los datos hacia el contexto de los mismos, en un futuro de macrodatos que integran un gran volumen de información, en tiempo real y con una gran diversidad de fuentes y tipos. La omnipresente influencia de la IA y de los “digital twins” no será solo un reflejo del contexto, sino también de su significado y función. Es fundamental crear un nuevo sistema de big-data que defina cómo se recopilan los datos, cómo se reorganizan, cómo se priorizan, cómo se sintetizan y cómo se distribuyen. Esto puede ser fuente de una cierta controversia inicialmente por motivos como la ubicación de los datos, su privacidad, etc. Solo a través de relaciones contractuales bien definidas entre los distintos actores se podrán determinar cuáles son las fortalezas en esta nueva relación sobre la propiedad de la información y de los datos, por ejemplo, cómo se establecerá el acceso en dispositivos autónomos, se podrá confiar, etc.

57

Debemos considerar que la IA y el aprendizaje automático van a desempeñar un papel fundamental en la vinculación de servicios de red a empresas, con soluciones basadas en recursos virtuales (autoconfigurables y optimizados) capaces de encontrar contenidos dinámicos, contextualizados y definidos.

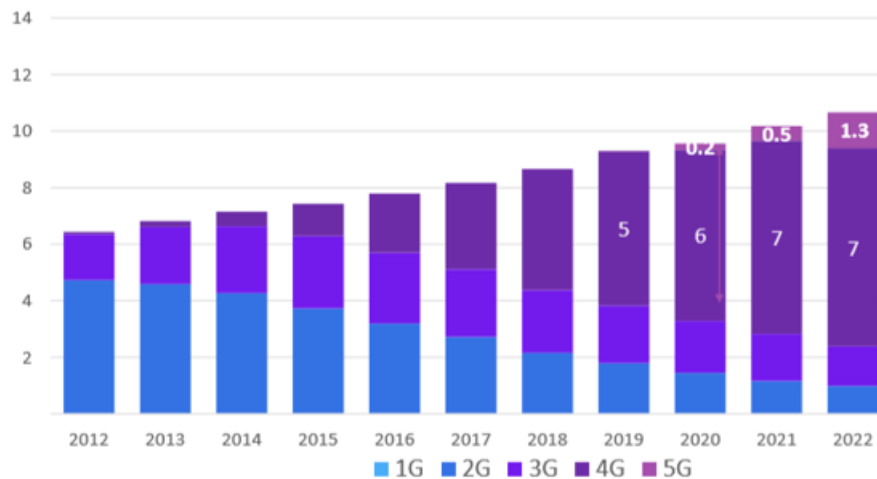
Sobre la base de estas plataformas 6G se podrán haber pruebas continuas frente a necesidades nuevas, sin infrautilizar recursos, con usuarios dinámicos, reuniéndolos y estructurándolos con el fin de alcanzar casos de uso determinados o negocio, todo ello dentro de una novedosa plataforma 6G.

4. ¿CÓMO ESTÁ LA ECONOMÍA 5G? ¿Y LA INDUSTRIA 5G?

Como se puede observar en el gráfico 1, el año 2021 ha terminado con más de 500 miles de millones de abonados a 5G, en concreto con 540 miles de millones de abonados. Puede parecer una cifra elevada, sin embargo, solo representa un 5% de las contrataciones de telefonía móvil. Las estimaciones que se daban para 2022 consideraban que habría más

de 700 miles de millones de nuevos suscriptores a 5G, más que la suma de los tres últimos años. Para 2022 se estimaba que un 12% de las suscripciones serían 5G, lo que pone de manifiesto su importante crecimiento como tecnología y que 2022 fuera por tanto un año clave para su despegue.

Gráfico 1: Suscripciones móviles por tecnología 1-5G (miles en millones).



58

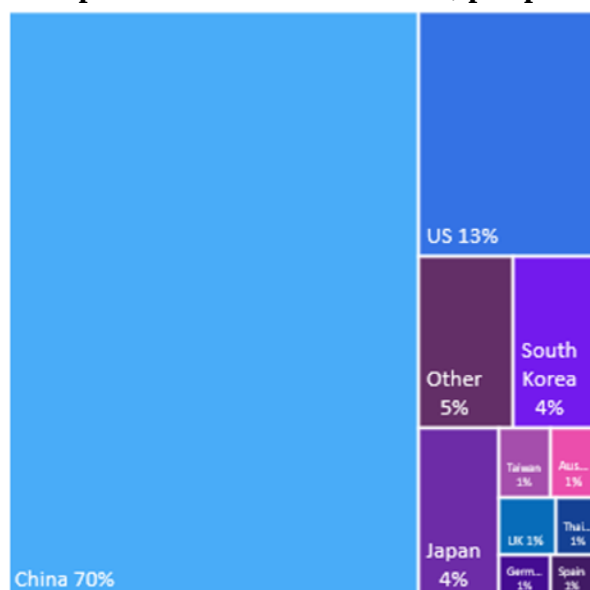
Fuente: World Information Service – Service Provider (WIS-SP), WCIS Data Dashboard

OMDIA 5G-Forum Sevilla.

Como se puede constatar en el gráfico 2, para 2022 las estimaciones por países son que China lideraría las suscripciones con un 70% de esos 500 miles de millones, seguida de Estados Unidos, Corea del Sur y Japón. Pero este mapa es el de 2021, 2022 traerá sorpresas. En el top 3 habrá un nuevo país ¿cuál será? Lo veremos más adelante. Pero para ver el grado de penetración de esta tecnología no debemos hablar solo de abonados/suscripciones sino de población, qué porcentaje de la población tiene ya 5G. Si nos fijamos en esa ratio, en 2022 ya no es China la que lidera sino Corea del Sur con un 41% de su población como usuaria de tecnología 5G seguida de Hong Kong pasando China a ocupar el tercer puesto con un 30% de su población.



Gráfico 2: Suscripciones móviles 5G en 2021, por países y regiones.

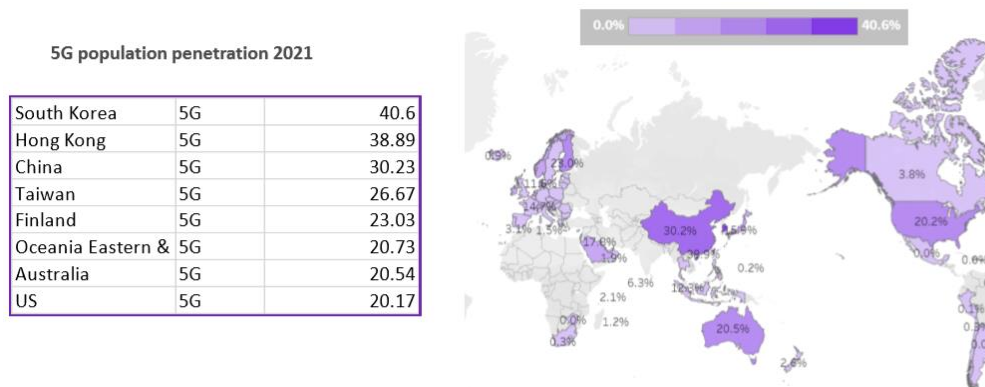


Fuente: World Information Service – Service Provider (WIS-SP), WCIS Data Dashboard. OMDIA 5G-Forum Sevilla.

En un mapa por continentes del gráfico 3 se puede observar cuál es el continente que lidera las suscripciones móviles de 5G.

59

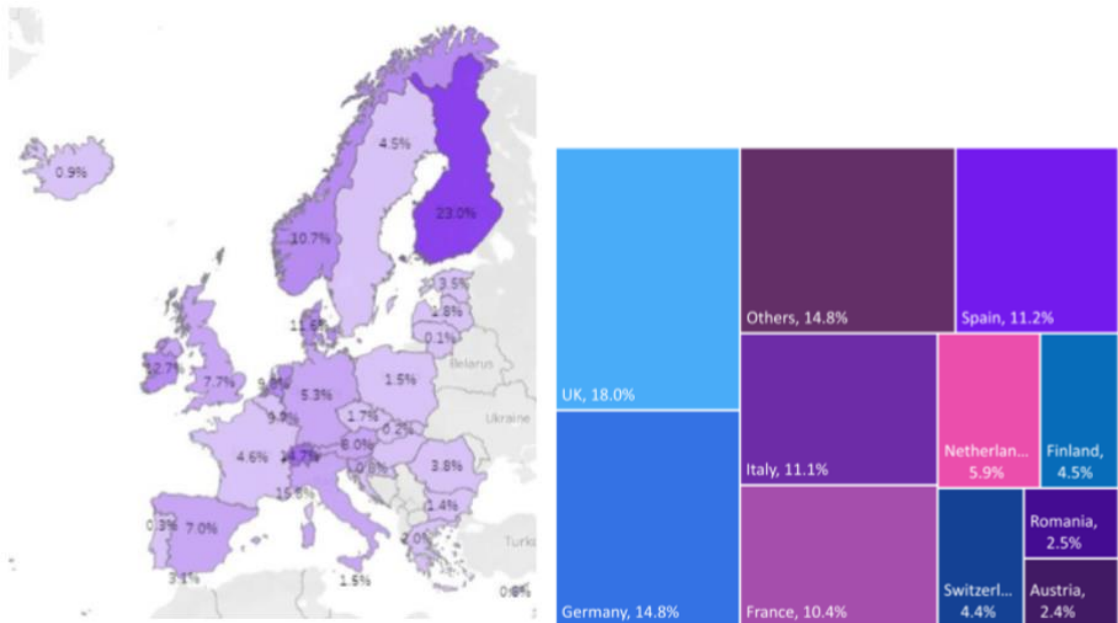
Gráfico 3: Suscripciones móviles 5G en 2021, por continentes y regiones.



Fuente: World Information Service – Service Provider (WIS-SP), WCIS Mobile Market Visualisations. OMDIA 5G-Forum Sevilla.

Si nos fijamos en Europa, como se observa en el gráfico 4, España está entre los 5 primeros con un 7% de población como usuaria de tecnología 5G a nivel europeo, muy cerca del Reino Unido que tiene un 8%, sin embargo, no estamos entre los 10 primeros a nivel mundial, en Europa ese lugar lo ocupa Finlandia con un 23% de su población como usuaria a nivel mundial.

Gráfico 4: Penetración de suscripciones móviles 5G en 2021 en la UE.

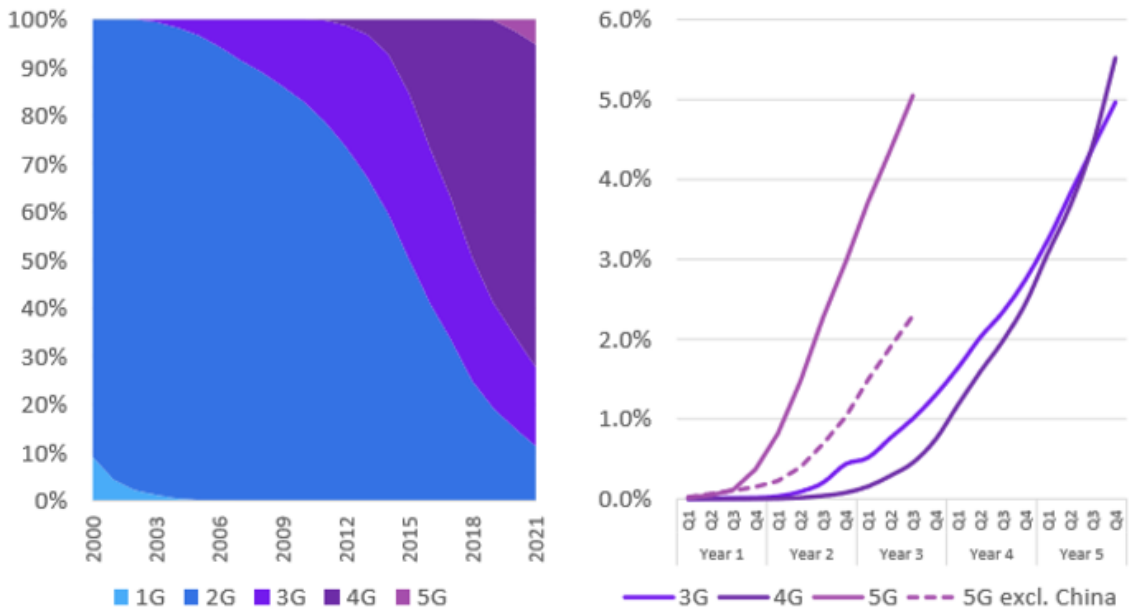


Fuente: World Information Service – Service Provider (WIS-SP), WCIS Mobile Market Visualisations.OMDIA 5G-Forum Sevilla.

60

Estamos pues en los inicios del uso e implantación del 5G, si elimináramos China, ese 5% mundial se reduciría a tan solo un 2%, pero a pesar de que las cifras pueden parecer pequeñas, lo importante es su crecimiento, está siendo mucho más rápida que el 4G y sus antecesores.

Gráfico 5: Tecnologías 1-5G de suscripciones móviles, 2020-21.

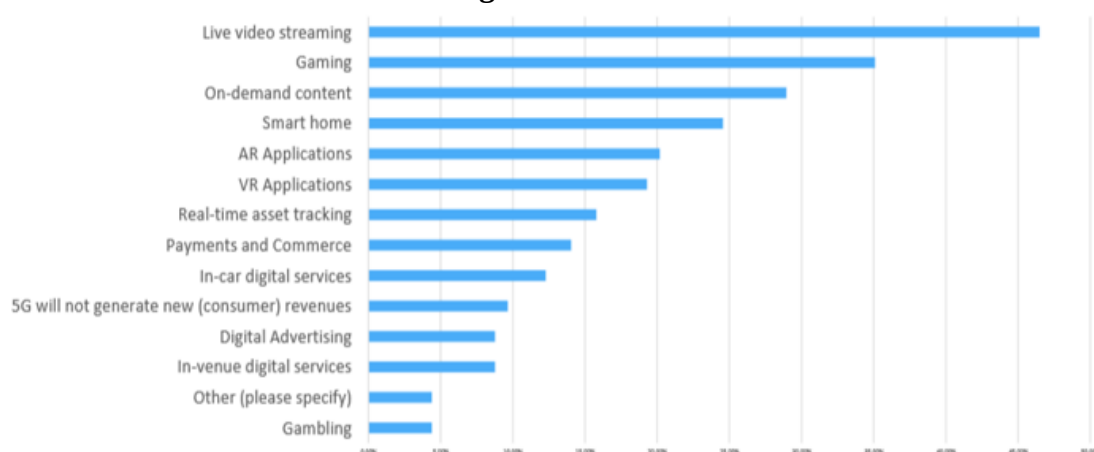


Fuente: World Information Service – Service Provider (WIS-SP), WCIS Data Dashboard. OMDIA 5G-Forum Sevilla



Pero ¿cómo se puede ganar dinero con el 5G?, es decir, como se puede monetizar, esa es la pregunta fundamental que se hacen las grandes empresas de telecomunicaciones para acelerar o no las inversiones en esta tecnología, y si se profundiza en la pregunta, ¿Cuáles son aquellas aplicaciones, aquellas “killers apps” (término que se usa para describir aplicaciones de software o servicios digitales que son tan innovadores, populares o útiles que generan una demanda significativa del hardware o la plataforma en la que se ejecutan. Algunos ejemplos son Microsoft Office, Facebook, WhatsApp, Uber, Instagram, TikTok, ¿Zoom, Netflix, Spotify) que les permitirá incrementar esas ganancias? En primer lugar, habría que hablar de los “contenidos de video en streaming”; en segundo lugar, de los videojuegos en red y por último algo que está ahora de moda “el metaverso”. No hay ningún evento hoy en día en el que no se hable de metaverso (Ali et al., 2020).

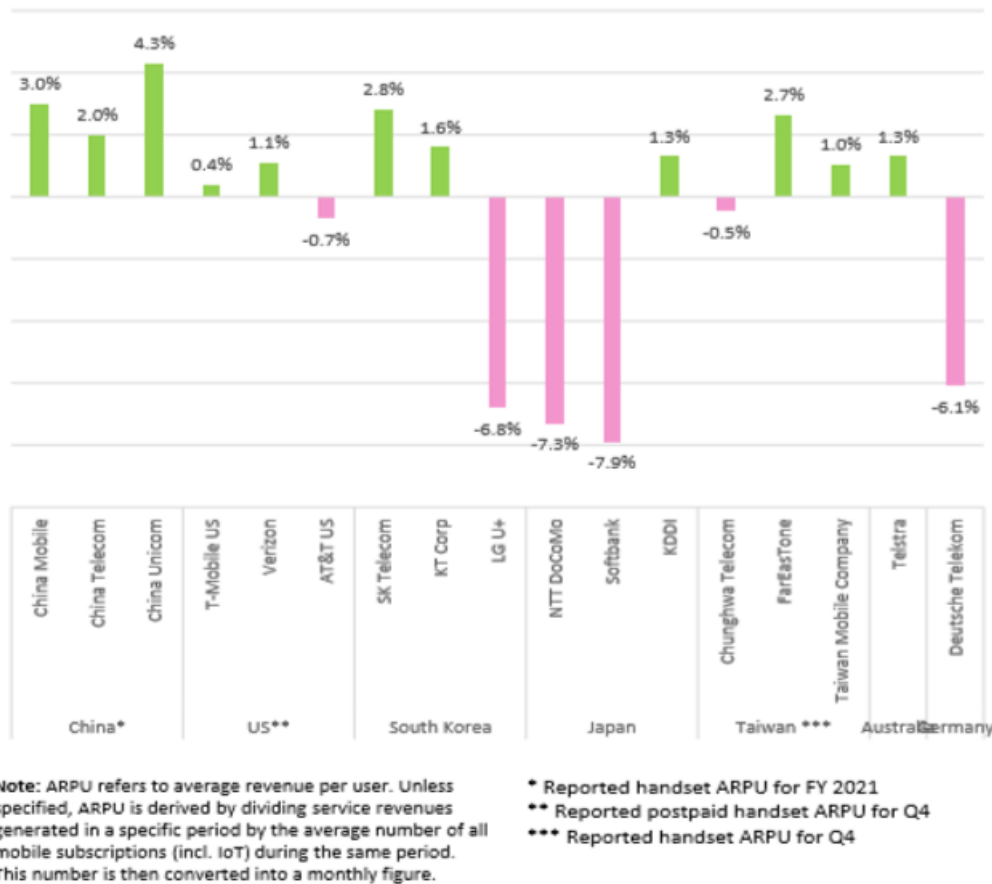
Gráfico 6: Aplicaciones de consumidores que ofrecen mejores ingresos 5G en las organizaciones.



Fuente: OMDIA 5G-Forum Sevilla. Nota: Sin ingresos por acceso.

¿Se han incrementado los ingresos promedio por usuario o average revenue per user, ARPU por sus siglas en inglés? Si, en China, Corea, Taiwán y Reino Unido se han visto señales de incremento de ARPU, y aunque es pronto para confirmarlo, se puede observar que hay casos específicos en los que esos ARPU's se han incrementado gracias a la tecnología 5G. En el gráfico 7 podemos ver qué países han incrementado su ARPU en color verde y en rosa aquellos que a pesar de tener tecnología 5G su ARPU ha disminuido porque existe competidores en su mercado, por ejemplo, en Japón, con empresas como Rakuten, o a las restricciones COVID, pero en general se puede decir que aquellos países con alta penetración de tarjetas SIM 5G, superior al 20%, han visto como su ARPU se ha incrementado. Estos mercados “maduros” además se ven favorecido porque hay una segunda fase de despliegue de la red (por ejemplo, nuevo espectro, 5G StandAlone) lo que mejora drásticamente tanto la cobertura como la calidad del servicio; el lanzamiento de tarifas de datos ilimitados y por último los paquetes de contenido.

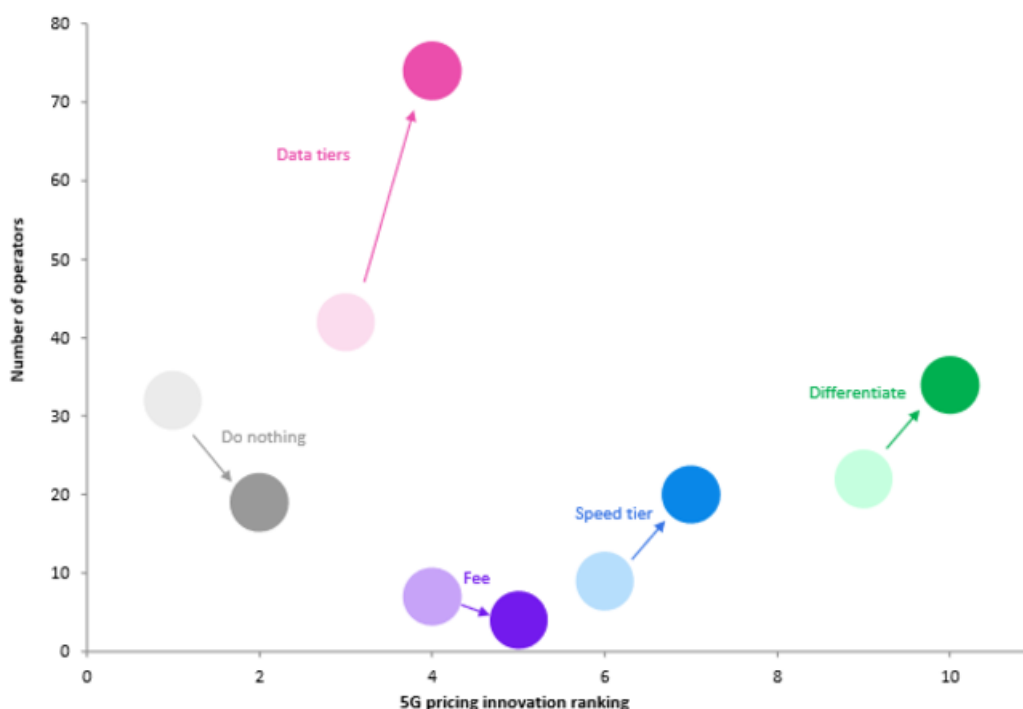
Gráfico 7: Crecimiento anual de ingresos promedio por usuario (ARPU) – Q4 2021.



Fuente: OMDIA 5G-Forum Sevilla.

Las empresas de Telecomunicaciones, ¿qué tienen que hacer ante esta nueva realidad? La primera decisión que deben tomar es “que no tienen que no hacer nada” aunque hay muchas que no hacen nada. La empresa Tarifica junto con Omdia ha analizado (gráfico 8) el mercado de los 165 operadores principales y ha visto que de esos 165, 30 no hicieron nada en el 5G durante el año 2020 (en el gráfico burbujas más claras) y ahora sin embargo solo hay 19 de esos 30 operadores que siguen sin hacer nada, es decir, se han dado cuenta de la importancia implementar servicios, de hecho, alrededor de 80 operadores ofrecen migración a “data tiers” con planes de datos adicionales o ilimitados, incluso cuando se viaja, mayor velocidad (esto ocurre en 20 operadores (color azul del gráfico) etc.

Gráfico 8: Seis modelos de precios de Omdia - Q4 2020 vs Q4 2021 (n=165).

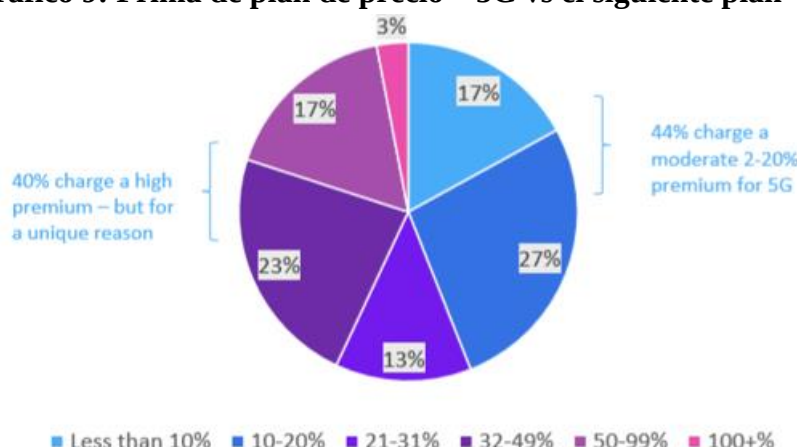


Fuente: OMDIA 5G-Forum Sevilla. Omdia, Tarifica.

63

Lo importante no obstante es lo que se representa con el color verde. Es la evolución de aquellos operadores que además de ofrecer datos o mayor velocidad, ofrecen también servicios, aplicaciones, etc. especiales que si necesitan de 5G y que les permite diferenciarse del resto. Y, ¿quiénes son estos operadores? Pues son más de 30 y estos consiguen que más de un tercio obtengan entre un 10%-20% de sus ingresos a través del 5G.

Gráfico 9: Prima de plan de precio – 5G vs el siguiente plan 4G.



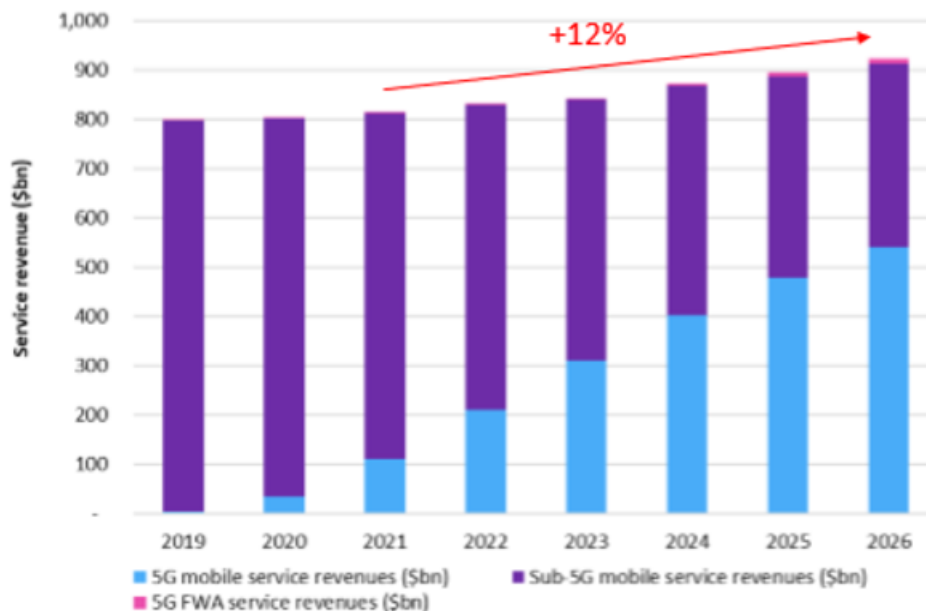
Fuente: OMDIA 5G-Forum Sevilla.

Si nos fijamos en la estrategia de varios operadores, por ejemplo, Verizon en Estados Unidos, se puede empezar por un paquete básico de 5G por 70\$, pero si se coge uno de

80\$ se tendrá acceso a por ejemplo Disney, pero también a servicios de juego (Apple, Google; etc.), pero si no interesa el juego se ofrecen otros servicios como internet en el extranjero, datos ilimitados, etc. pero además si se quiere todo se paga 90\$. Se ofrecen paquetes muy atractivos que además en el caso de Estados Unidos son muy populares y que permiten a los operadores aumentar su ARPU.

¿Y cuál será el mapa de ruta para ir desde el 5G al 6G? Primero tendremos que hablar de los ingresos, que es quizá lo más importante. Se estima que en 2026 teniendo en cuenta todos los ingresos (1G, 2G, 3G, 4G, ...) estos crecerán 100 billones, más de 900 billones de ingresos, de los que casi 600 billones serán 5G (en azul claro), es decir, un 60% y el otro 40% serán suscripciones. El país que liderará será Estados Unidos cuyos ingresos gracias al 5G serán del 70%.

Gráfico 10: Ingresos esperados de 5G móvil y 5G FWA, 2019-26(miles de millones USD).

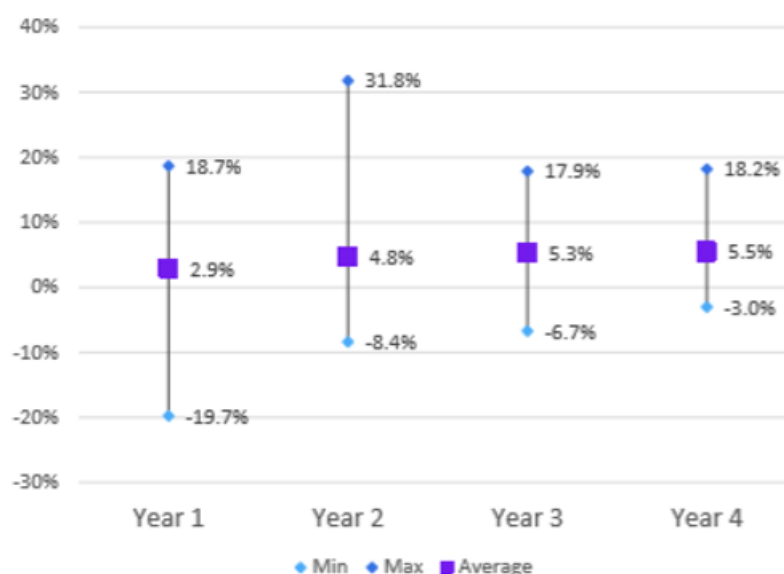


Fuente: OMDIA 5G-Forum Sevilla.

Además, en promedio, se espera que los mercados experimenten un aumento del ARPU de datos del 5 % a partir de los 2 años posteriores al lanzamiento de 5G. Sin embargo, no existe una correlación directa ya que los mercados se han visto afectados por otros factores como el COVID. De hecho, los datos muestran que los mercados maduros con una alta penetración de 5G verán un menor crecimiento del ARPU de datos.



Gráfico 11: Crecimiento anual de ingresos promedio por usuario (ARPU) por datos.

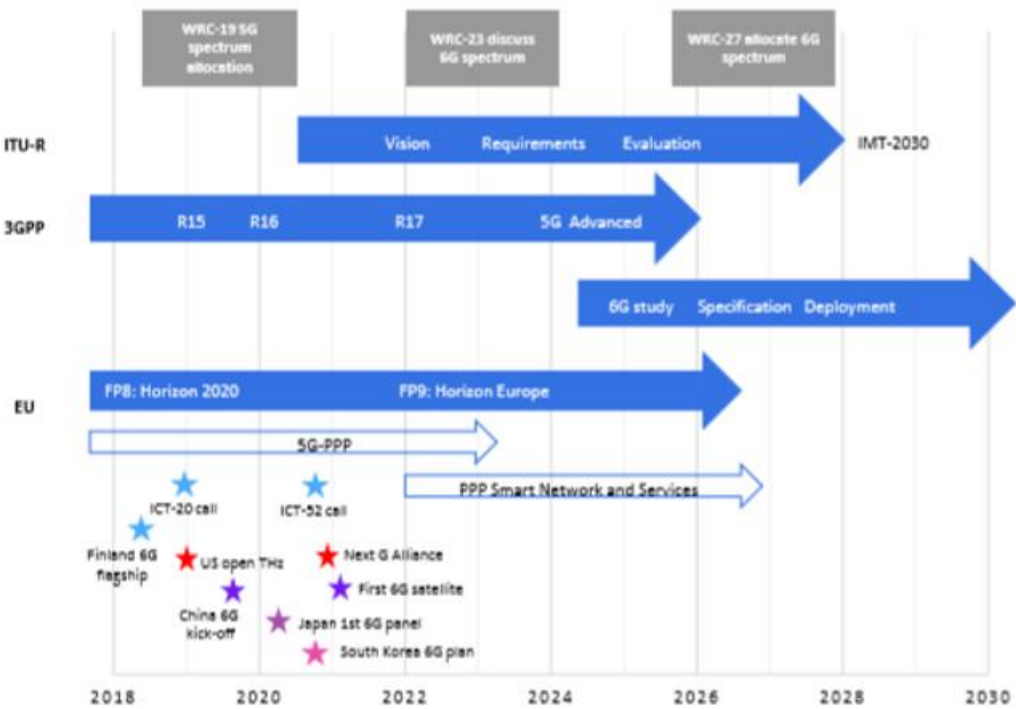


Fuente: OMDIA 5G-Forum Sevilla.

Con todo lo anterior, el camino hacia el 6G se estima que sea lento. Estamos en un 5% de la evolución del 5G o 5G+, con desarrollo de nuevas capacidades antes de que la tecnología 6G emerja. Además, a la población todavía no le interesa, aunque exista la tecnología. Aun así, hay numerosos gobiernos, instituciones, que ya han iniciado alguna planificación, investigación, etc. en el campo del 6G realizando análisis de espectro (ej. Banda THz).

65

Gráfico 12: Hoja de ruta de tecnologías móviles.



66

Fuente: OMDIA 5G-Forum Sevilla.

Entre otras causas que habría que añadir a ese retraso están:

1. La hoja de ruta de 5G será más larga que las tecnologías anteriores

– Muchas bandas de espectro y capacidades diferentes amplían el camino de la evolución.

Tabla 1: Indicadores clave de rendimiento de redes.

Focus area	KPI	5G	6G
Experience	Latency	1ms	100 μs
	Reliability	1-10 ⁵	10-10 ⁹
	Jitter	Not specified	1μs
	Mobility	500km/h	1000km/h
Speed	Peak data rate	20 Gb/s	1 Tb/s
	Experienced data rate	0.1 Gb/s	1 Gb/s
Capacity	Maximum bandwidth	1 GHz	100 GHz
	Area traffic capacity	10 Mb/s/m ²	1Gb/s/m ²
	Connection density	10 ⁵ devices/km ²	10 ⁷ devices/km ²

Fuente: OMDIA 5G-Forum Sevilla.

– La industria IoT opera con tasas de reemplazo más largas (por ejemplo, fabricación)



- La dependencia de la cobertura de fibra retrasará la realización potencial total
- 2. Los requisitos de sostenibilidad inevitablemente retrasarán el desarrollo ya que el consumo de energía no era una prioridad de diseño en las anteriores tecnologías (Díaz-Díaz et al. 2021).
- 3. Las características de propagación y la interferencia en la banda de THz son muy desafiantes
- 4. La competencia en el mercado de las telecomunicaciones se abrirá drásticamente, lo que conducirá a la fragmentación del mercado y a un replanteamiento total de las licencias y el uso compartido del espectro.

5. CONCLUSIONES

La red 5G ya está aquí. Es cierto, es una realidad a la que le faltan algunos pequeños detalles para terminar de ponerse en marcha, pero ya está ahí disponible. Esos detalles son los que no nos permiten ver todavía el potencial que tiene y las prestaciones que nos puede ofrecer. No obstante, estamos viendo ya el desarrollo de algunos casos de uso, con éxito y aplicación práctica, y la sociedad, las instituciones, las empresas, los ciudadanos, tarde o temprano serán conscientes de ello. Industria, turismo, logística, agricultura, etc. todos los sectores económicos, tarde o temprano implementarán 5G. Serán modelos de negocio al hilo de lo indicado en el apartado anterior.

67

Es cierto que todavía los casos de uso que se están trabajando no son de consumo personal, pero con ellos empezamos a dar respuesta a la pregunta ¿dónde está el 5G? Si bien es una red que no podemos verla, si podemos ser conscientes de su existencia. Es una red más rápida que los propios sentidos humanos y esta es la principal diferencia con las generaciones 1G, 2G, 3G y 4G anteriores.

Algunas de las cuestiones que somos capaces de hacer con 5G ¿no se podían hacer con las generaciones anteriores? No, sí que era posible hacerlo, la diferencia fundamental está en que con 5G la calidad es mayor, la rapidez también, la latencia es menor y el volumen de información que somos capaces de transmitir también es mayor. La transmisión de información, de grandes volúmenes de información, con latencias tan bajas, hace que prácticamente sea como la humana. Solamente 5 y 6G permiten la construcción del mercado único digital para la Unión Europea.

Esa capacidad permite también alcanzar cierta semejanza en la relación con el entorno a la que tiene el ser humano. Tenemos ya vehículos conectados, con cierto grado de autonomía, que son capaces de interactuar y si además le añadimos sensores y comunicaciones estamos ya avanzando hacia el desarrollo e implementación de tecnología 6G (Yang et al., 2020). En este caso, unir sensores y comunicaciones nos permite por ejemplo conectarlos a cualquier terminal, aprovechar la señal de radio e incluso la del propio transceptor para recibir información del entorno, analizarla,

aprovecharla y reaccionar conforme a la misma. Por separado, por ejemplo, son capaces de actualizar software si es necesario, pero integrar eso con la tecnología radio en una sola radio, en una misma frecuencia, tras un solo transceptor, es lo que se está planteando en este momento. Hay cosas que se pueden hacer con 5G o 5G+ pero ¿cuál es el concepto de 6G? En palabras del Dr. Narcís Cardona, profesor de la Universidad Politécnica de Valencia, y en un caso de uso particular como es la conducción remota o el vehículo conectado, se debe garantizar la cobertura en todas las vías de comunicaciones, y esto no es tan trivial, no se puede llenar las carreteras de antenas, teniendo que recurrir para su desarrollo a la señal por satélite. Algo similar ocurriría con la robotización de la industria, con la logística, por separado los robots son capaces de hacer tareas programadas sin ningún tipo de problema, el paso adelante viene cuando somos capaces de interconectarlas, cuando disponemos de una red de alta capacidad de transmisión de datos, órdenes, protocolos, con una baja latencia.

68

La tecnología 5G permitirá disponer de robótica eficaz, capaz de ser controlada a través de realidad virtual, con aplicaciones y escenarios diferentes, en el que el control háptico, aquel que nos posibilita la percepción de sensaciones de temperatura, presión y contacto al palpar o tocar, o gestual, unido al control remoto, hará que esta se sitúe en un entorno mucho más realista o de control. Aparece aquí de nuevo la idea de integración sensorial y de comunicaciones antes indicada con un objetivo colaborativo en el caso de grandes flotas. Estamos ya hablando por tanto de 6G.

En 6G aparece también, algo que todavía que no está planteado de momento en las redes de quinta generación, es el “Federal Learning” el hecho de que todos los terminales sean del tipo que sean, aquí son máquinas, pero pueden ser terminales de bolsillo, que tengan la información de su entorno y que generen información de censado del entorno, permitirá establecer estrategias de inteligencia colectiva, es decir, de aprendizaje colectivo, en el que la información que vamos capturando de uno y otro se pueda compartir para determinadas funciones. Poner juntos movilidad y vehículos, robótica y máquinas, supone un enorme potencial para el desarrollo de la tecnología 5G, es ir a una movilidad mucho más segura o una logística mucho más eficiente.

Volviendo al 5G, ¿dónde está? Se percibe en el móvil tiene cobertura, pero ¿dónde está la verdadera revolución del 5G? ¿En qué puedo conectarme con la cafetera de casa? ¿En qué puedo hablar con Alexa, Google Nest? ¿En qué se puede descargar una película en segundos para luego tardar horas en verlas? La verdadera revolución hoy en día está en el consumo de contenidos, lo hemos visto en el epígrafe anterior, o en la de los videojuegos, en la realidad aumentada o inmersiva, que no tiene solo una aplicación lúdica. 5G consigue poner juntos al hombre y la máquina a través de una conexión 5G, le permite visualizar y manipular maquinaria que está en un sitio remoto, y a futuro evolucionará hacia aplicaciones industriales o aplicaciones como puede ser la gestión de producción industrial mucho más avanzadas, en los que esa realidad aumentada o realidad



virtual inmersiva, llamémoslo así, proporcionará datos de un conjunto de sensores disponibles en un “gemelos virtuales”, que permitirá monitorear y actuar como si se estuviera presente.

Y podemos aplicar la tecnología 6G a estos procesos industriales. Sí, pero hoy en día los interfaces y los programas de interacción no están desarrollados. El concepto de 6G supone sincronizar elementos de red con una precisión en tiempo mucho más pequeña, por debajo de milisegundo. Conseguirlo permitirá hacer ese control háptico que hemos comentado antes en tiempo real y dar una verdadera sensación de estar gestionando una máquina remota.

Con 5G lo que sí se puede hacer es automatizar, controlar y realizar mantenimientos predictivos de estos sistemas. Con ello se conecta parte de un mundo físico a otra parte del mundo físico, es decir, tenemos objetos, máquinas, vehículos o cualquier tipo de dispositivo que está en una ubicación física y que estamos controlando desde otra ubicación. No se crea un mundo virtual, estamos hablando de meta conectividad, por lo tanto, no es el “metaverso” como quieren ver algunos autores, no sería más que lo que algunos teleportación.

69

La tecnología 6G hace pensar que es el Metaverso ¿Por qué? Porque eso significa que realmente 5G está cubriendo todo aquello que realmente necesitamos desarrollar hoy en día, y si aún no la está cubriendo, lo podrá hacer en un futuro más o menos cercano. Identificar 6G y “metaverso” es bueno para 5G porque es una red que ya existe y que además la permitirá ser la base para su desarrollo.

El “metaverso” requiere multiplicar por 100 ò 200 la capacidad actual de las redes. Las cifras de inversiones que hay que realizar o la de los costes de operación, pueden marear, pero estamos hablando de dar servicio a unos 200 TB por kilómetro cuadrado y por hora. Si se identifica 6G y metaverso la red está obligada a tener que pensar, tomar decisiones, de manera muy rápida, a obtener información todavía más rápido y a comunicarse de manera también muy rápida y ágil con su entorno, con latencias por debajo del milisegundo como se ha dicho anteriormente, capaces de gestionar billones de usuarios, que transmita a velocidades dignas los hologramas, las realidades invasivas, etc. Para todo esto hace falta tecnología, tecnología que por ahora no está.

También se está poniendo sobre la mesa el concepto de “inteligencia artificial distribuida”, es decir, el hecho de que determinados elementos de la red incorporen inteligencia artificial y que, además, sea distribuida entre distintos a una inteligencia compartida, una especie de cerebro distribuido entre distintos elementos de la red. Este concepto 6G, de compartición de datos y de información para un aprendizaje colectivo se puede implementar en el ejemplo anterior de flotas de robots móviles que aprenden juntos e implementan una estrategia de transporte de logística dentro de una nave industrial sin necesidad de una coordinación centralizada. Para esta tecnología se requiere procesos de

computación, chips, etc., que hoy por hoy no existen. Los actuales han llegado al límite de la ley de Moore, que expresa que aproximadamente cada 2 años se duplica el número de transistores en un microprocesado. Se requieren chips fotónicos y computación óptica programable basada en esos nuevos chips, se trabaja en frecuencias más altas que las actuales, y con la incorporación de programas o algoritmos con inteligencia artificial en los nodos de acceso, expulsando del espectro a los canales de radio como está ocurriendo ahora mismo con el 5G. Estos algoritmos cuando vean el entorno podrán elegir cuales son los caminos, cuáles son las estrategias y por donde deben realizarlas.

El estudio de los modelos de negocio 5G y 6G es un tema de gran interés y relevancia para el ámbito académico y empresarial. Sin embargo, también es un tema que presenta una serie de lagunas o gaps de investigación, debido a la novedad y la complejidad de estas tecnologías, así como a la incertidumbre sobre su evolución y su impacto (Saeednia et al., 2020). A través de este estudio podemos vislumbrar cómo podrían transformarse y adaptarse los modelos de negocio basados en la tecnología 5G a ese nuevo modelo que ofrecerá transacciones y plataformas nuevas e innovadoras basadas en la tecnología 6G. Centrarse solamente en la tecnología 6G y desarrollar sus visiones de futuro, puede ser una línea de trabajo a futuro con gran potencial.

Otra línea a estudiar sería el estudio el impulso en el despliegue de 5G y 6G en la Unión Europea con vistas al desarrollo de mercados líderes digitales y para permitir la transición digital y verde de la economía y la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- ALI, S., KHAWAJA, A., ISHFAQ, M. et al. (2020). "A comprehensive survey of 5G wireless communication systems", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 4, pp. 2418-2442, Fourth Quarter 2020.
- ARCÍA-SAAVEDRA, A., SERRANO, P. y COSTA-PÉREZ, X. (2019). "5G: una revolución para la sociedad conectada", *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, no. 10, pp. 1683-1690.
- BOCCARDI, F., HEATH JR., R., LOZANO, A. et al. (2014). "Five disruptive technology directions for 5G", *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 2, pp. 74-80, Feb. 2014.
- CERDÀ-ALABERN, L., RIBA-MOLINER, J. y VÁZQUEZ-CASTRO, M. A. (2021). "An Overview of 5G Security and Privacy Concerns", *Electronics*, vol. 10, no. 8, p. 944.



- CORTÉS-MORENO, J. A., GARCÍA-DORADO, J. L. y J. A. PORTILLA-FIGUERAS, J. A. (2018). “La tecnología 5G: evolución y perspectivas”, *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol. 33, no. 2, pp. 63-77.
- DARDARI, D. ,CONTI, A., y BURATTI, C. (2017). “5G Mobile Networks: Vision, Requirements and Challenges”, *Electronics*, vol. 6, no. 3, p. 64.
- DÍAZ-DÍAZ, R. D., GARCÍA-SÁNCHEZ, A. J. y GARCÍA-ORTEGA, J. M. (2021). “5G Cellular Networks: A Survey on Coverage and Energy Efficiency”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 23, no. 3, pp. 1593-1619, 2021.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M. J., GARCÍA-SAAVEDRA, A., SERRANO, P. et al. (2018). “5G y más allá: el futuro de las comunicaciones móviles”, *Revista de la Real Academia de Ingeniería*, vol. 32, no. 131, pp. 37-57.
- GARCÍA-DORADO, J. L., CORTÉS-MORENO, J. A. y PORTILLA-FIGUERAS, J. A. (2019). “Las redes 5G: estado del arte y tendencias futuras”, *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 16, no. 2, pp. 133-142.
- GARCÍA-SAAVEDRA, A. SERRANO, P. y COSTA-PÉREZ, X. (2020). “5G Ultra-Reliable and Low-Latency Communication: A Survey on Achievable User Throughput”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 4, pp. 2471-2491.
- GARCÍA-SAAVEDRA, A., SERRANO, P. y COSTA-PÉREZ, X. (2017). “5G: oportunidades y desafíos para el futuro de la comunicación móvil”, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica*, vol. 111, pp. 15-24.
- INAYATULLAH, S. (2008). “Anticipatory action learning: Theory and practice”, *Foresight*, 10(1), 47-57.
- JOKHIO, M. R., GÓMEZ-ANDRADES, A. y FLORES-ARIAS, J. M. (2020). “5G Wireless Networks: Current Status, Opportunities, and Challenges”, *Electronics*, vol. 9, no. 3, p. 518.
- KANE, G.C., PALMER, D., PHILLIPS, A. N., KIRON, D., & BUCKLEY, N. (2015). “Strategy, not technology, drives digital transformation”, *MIT Sloan Management Review*, 56(1), 18-26.
- KHAN, M. A., NADEEM, A. R., ULLAH, A. et al. (2019). “5G wireless communication systems: prospects and challenges”, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 10, no. 5, pp. 1807-1822, Mayo.

- LATVA-AHO, M. y LEPPÄNEN, K. (eds.) (2019). *6G Research Visions 1 Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence*. 6G Flagship, University of Oulu, Finland.
- LÓPEZ-SOLER, M. J., SÁNCHEZ-GARCÍA, J. y VALES-ALONSO, J. (2020). “5G for Vehicular Networks: A Survey”, *Sensors*, vol. 20, no. 10, p. 2817.
- MELLIA, M., MUNAFO, M. M., ROSSI, D. et al. (2019). “5G Evolution: A Survey on 5G of Mobile Networks”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 3, pp. 2389-2426, 2019.
- MUÑOZ, J. P., RUBIO, L. y GARCÍA-SÁNCHEZ, A. J. (2020). “5G and Beyond: Opportunities and Challenges for Distributed Sensing”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 58, no. 6, pp. 134-140.
- RAJPUT, S. S., MISHRA, S., y OBADAT, M. S. (2016) “A comprehensive review on 5G technologies”, *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 75, pp. 1-18, Mayo.
- SAEEDNIA, S., SAEEDI, H. y TALEB, T. (2020). “5G Networks: A Survey on Enabling Technologies and Research Challenges”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 1, pp. 76-105.
- SARMIENTO, M. R., RINCÓN, L. E. y GUTIÉRREZ, E. V. (2018). “Redes 5G: estado del arte, retos y oportunidades”, *Revista Colombiana de Computación*, vol. 19, no. 2, pp. 141-158.
- ULLAH, M. Z., KHAN, F., KHAYAM, S. A. et al. (2019). “Security and privacy in 5G wireless networks: challenges and opportunities”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 57, no. 3, pp. 91-97, Marzo.
- WEILL, P. & WOERNER, S. L. (2018). “Thriving in an Increasingly Digital Ecosystem”. *MIT Sloan Management Review*, 59(2), 21-28.
- YANG, H., WANG, Y., LI, H. et al. (2020). “5G and beyond: opportunities and challenges of ubiquitous wireless sensing”, *IEEE Wireless Communications*, vol. 27, no. 4, pp. 13-19, Agosto.

