

TENDENCIAS

Visiones y Tecnologías 5G

La quinta generación (5G) de sistemas móviles de telecomunicación es un tema que de un tiempo a esta parte ocupa cada vez más espacio dentro de las publicaciones especializadas, y que de vez en cuando se asoma también a las de carácter más general, destinadas al gran público. En este artículo, los autores dan una idea general de cómo se está gestando este concepto, y del camino que queda por recorrer, así como apuntan algunas de sus características más destacables. Todo ello con el objetivo de servir de introducción para aquellos cuyo campo o trasfondo técnico sea ajeno, en mayor o menor medida, al de las telecomunicaciones móviles. En sucesivos artículos se profundizará en las tendencias que se adivinan en torno a los principios técnicos sobre los que se asentará la 5G. Y todo ello desde el punto de vista de la gestión y aprovechamiento del espectro, campo en el que los autores han venido trabajando los últimos años desde el Grupo de Espectro (Gesp) del COIT.

En el momento actual, la 5G puede decirse que donde más ha avanzado es en la definición de sus objetivos. Esto es, en lo que se espera que proporcione. El cómo es algo en lo que se está trabajando desde multitud de proyectos, tanto en la esfera de la empresa como de las instituciones, pero que todavía dista de estar cerrado, si bien es posible identificar tendencias y propuestas con bastantes posibilidades de cuajar en el futuro.

Una peculiaridad de la 5G es que no nace ligada a un objetivo único, como sus predecesoras: 2G para digitalizar la voz, 3G para datos y 4G para banda ancha



José Mª Hernando Rábanos

Miembro del Grupo del Espectro del COIT

✉ hernando446@gmail.com



Cayetano Lluch Mesquida

Miembro del Grupo del Espectro del COIT

✉ lluch_c@coit.es



Juan Manuel Vázquez Burgos

Miembro del Grupo del Espectro del COIT

✉ jumavaz@coit.es

móvil. En este sentido, la 5G parece que responderá al menos a tres vectores: una experiencia de banda ancha mejorada, del orden de la que se puede obtener con la fibra, una latencia muy baja, apta para soportar aplicaciones donde la fiabilidad y estabilidad de semejantes valores sean críticos (internet “táctil”, procesos industriales, cirugía remota etc...), y el soporte de comunicaciones con o entre un número masivo de máquinas, en lo que anticipa una extensión completa del concepto de “Internet de las cosas” (IoT). La figura 1, ilustra este concepto.

De acuerdo con lo anterior, el artículo presentará un esbozo de los puntos de vista sobre la 5G de dos de los actores más relevantes para el escenario europeo, y concluirá con una identificación de las tendencias técnicas más destacables desde el punto de vista del espectro, que se espera desarrollar en posteriores artículos.

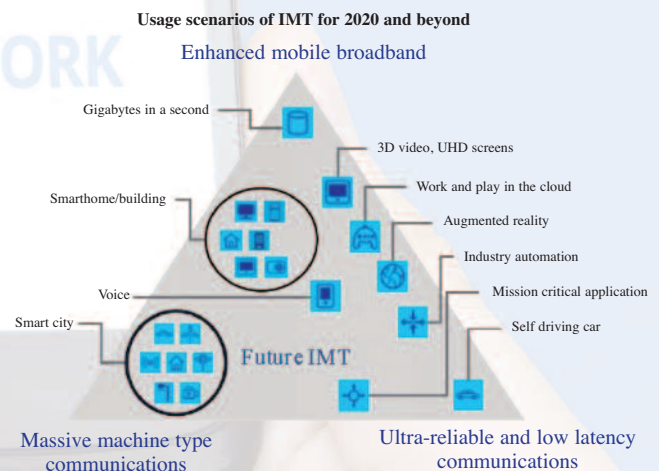


Figura 1. Escenarios de uso de la 5G
(fuente: Recomendación UIT-R M.2083.0)

Visiones y especulaciones sobre las tecnologías 5G

Desde hace un par de años y a partir de la formalización de las bandas de despliegue y del espectro del dividiendo digital para LTE, tecnología que inicia la nueva generación 4G, se viene hablando de una nueva generación 5G. Generación que debería facilitar la Sociedad Conectada en la próxima década y un acceso ilimitado a la información para cada persona y objeto en cualquier momento. Con ella ocurre, de manera similar a los casos de la 3G y la 4G, que se requieren varios años desde la definición del concepto hasta su concreción en equipos y redes ya desplegados, basados en estándares estables. Es por ello que los estudios sobre una 5G pensada para empezar a desplegarse en torno a 2020, arrancaron en torno a 2012, si bien ha sido a lo largo de 2014 y 2015 cuando han comenzado a tomar cuerpo.

La 5G es ahora mismo un tema que ocupa sobre todo a fabricantes, operadores e instituciones y órganos de estandarización, y todavía en menor grado a los reguladores. En este artículo sería imposible condensar las visiones y puntos de vista de todos ellos. No obstante, consideramos de especial interés mencionar los de dos actores de particular relevancia, como son la Unión Europea y la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El primero, por su importancia para aquellos que nos inscribimos dentro del escenario europeo, y el segundo, por su papel de creador y coordinador del marco global en el que se desarrollará este nuevo concepto de las telecomunicaciones.

La Unión Europea

Habida cuenta que en Europa se ha producido una pérdida del liderazgo en las comunicaciones móviles 4G, que ciertamente se consiguió en 2G/GSM y se mantuvo con 3G/UMTS, la Unión Europea ha intentado reaccionar en el caso de la 5G, con el fin de establecer una buena posición de salida. Así, el 7º Programa marco la Comisión Europea aprobó más de 10 proyectos con el objeto de explorar las soluciones tecnológicas disponibles para liderar las comunicaciones futuras por fibra y radio, añadiendo otros 50 M€ para el desarrollo de tecnologías 5G con vistas a su implantación en 2020. Como continuación de todo este esfuerzo investigador, la Unión Europea espera destinar a la 5G en torno a 700 M€, durante los 7 años del intervalo entre 2013-2020. Todo ello sobre la base de su programa Horizonte 2020, de financiación de proyectos de I+D en el sector TIC.

Entre uno de sus objetivos se encuentra el de desarrollar y explotar al menos un 20 % de las patentes esenciales del futuro estándar 5G¹.

La UE concede gran importancia a la articulación de la 5G alrededor de un estándar global, y a tal fin mantiene contactos para alcanzar una visión común y estable de las principales funciones de la 5G, el calendario global y las principales tecnologías a desarrollar. De momento ha realizado una declaración conjunta de intenciones con Corea del Sur, para establecer una cooperación estratégica en las TIC y 5G, en materias como la armonización del espectro y la elaboración de estándares globales. Se espera que ello fructifique en el surgimiento de programas comunes de I+D a lo largo de 2016 y 2017. Asimismo, en mayo de 2015 cerró otro acuerdo con Japón, en el que se establece una visión común de la 5G. La figura 2 resume gráficamente el concepto 5G de la UE y el calendario emanado de la visión común con Japón.

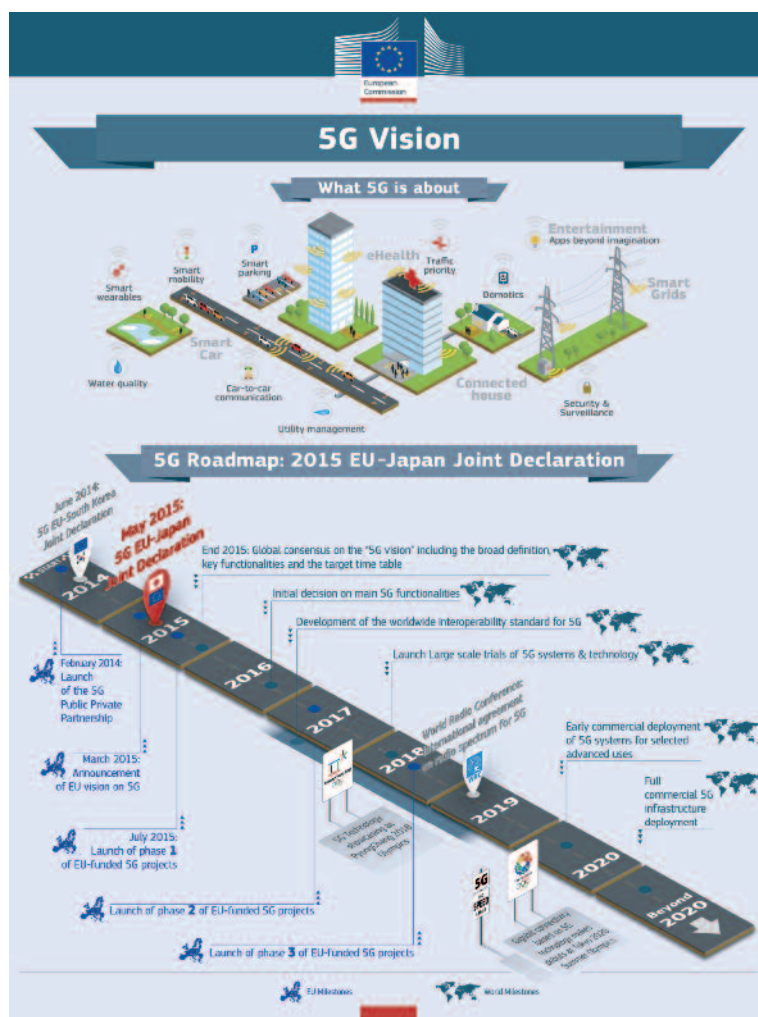


Figura 2. Visión 5G de la UE (Fuente: Comisión Europea)

METIS OBJECTIVES

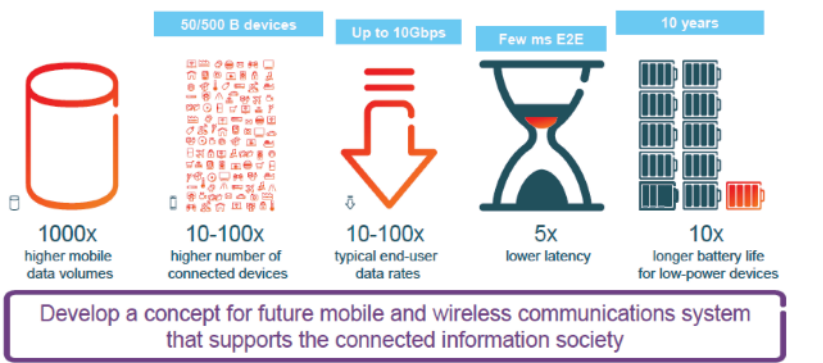


Figura 3. Objetivos del proyecto Metis

Uno de los proyectos más destacable sobre 5G en el 7º programa marco es METIS (*Mobile and wireless communications Enablers for the 2020 Information Society*) que, con los fabricantes, operadores y universidades, deberían identificar los cimientos para esta nueva generación 5G. Este proyecto, <https://www.metis2020.com/>, sienta las bases para el futuro desarrollo de la 5G, con un concepto de sistema que soporte los objetivos siguientes referidos a la 4G y que se resumen también en la Figura 3.

- ▶ 1.000 veces mayor densidad de volumen de datos.
- ▶ De 10 a 100 veces mayor número de dispositivos conectados.
- ▶ De 10 a 100 veces mayor banda ancha, velocidad de datos, por usuario.
- ▶ 10 veces mayor duración de batería en dispositivos de baja potencia.
- ▶ 5 veces menor latencia extremo a extremo.

Además de las iniciativas puestas en marcha por la UE, en estos dos últimos años, todas las instituciones, fabricantes y operadores han ido dando su visión y opinión de lo que debería ser la nueva generación 5G. Así, en el último MWC 2015, diversos expertos han apuntado que 5G va a ser una generación especial pero a su debido tiempo. No va a ser solo una generación con nuevas tecnologías de acceso radio, o nuevas arquitecturas en el núcleo de red, sino un compendio de tecnologías de banda ancha, modelos de implantación e incluso modelos de negocio, que no solo aplica a los terminales móviles, sino que favorece el desarrollo del Internet de las cosas IoT.

Los puntos relevantes de lo que podría denominarse una visión común de la Industria (fabricantes), Operadores e Instituciones acerca de la 5G, se resumen en la Tabla 1

Visiones	Lema/Reclamo	Uso, Negocio, Regulación	Requisitos	Arquitecturas	Tecnologías		Plazo de desarrollo e implantación
					Núcleo de red	Acceso radio	
Industria	Sociedad Conectada, Sociedad Digital, Mundo Digital, "conectar todo"	Máquinas, objetos, vehículos, servicios de misión crítica, etc.	Metis	"one-model-per-use case", rodajas de red, aumentando la seguridad, la facilidad de gestión, configurando una red multicapas con redes de acceso federados, evolucionando la arquitectura LTE, y programando políticas de redes.	Network Function Virtualization (NFV) y Software Defined Network (SDN)	Nuevas bandas de frecuencias (>6 GHz), nuevos escenarios de despliegue (ultra densos, comunicaciones masivas, multi-hop, terminal a terminal, vehículo a vehículo, ultra fiable, etc.), nuevas soluciones (milimétricas, multiRAT, MIMO avanzado, etc.) y conectividad simultánea	Estándar global, desarrollo a partir de 2015:
Operadores	= Industria + "sociedad hiperconectada", "sociedad completamente móvil y conectada"	= Industria + Nuevos Modelos de Negocio	= Metis+ particularidades				IMT-2020 en la ITU-R a partir de WRC15.
Instituciones		= Industria + Operadores + Aspectos regulatorios	Metis				3GPP a partir de Release 14. Iniciar su comercialización en 2020

Tabla 1. Visiones de la 5G

La UIT

La 5G será objeto de un proceso dentro de la UIT similar al seguido para la tercera y cuarta generaciones: definición de requisitos, marco general y criterios de evaluación de tecnologías candidatas (concretados en Recomendaciones e Informes UIT), presentación de propuestas, evaluación y decisión (por consenso) de cuales de ellas “pasan el corte” y se consideran parte de la 5G, y finalmente, especificación detallada de las mismas por organizaciones ad hoc (como por ejemplo el 3GPP), con el colofón de la conversión de las especificaciones producidas en estándares, por parte de aquellos miembros legalmente habilitados para ello (como sería el caso del ETSI). La figura 4 muestra el calendario tentativo para todas estas fases:

Asimismo, la UIT ha establecido unos objetivos para diferentes parámetros caracterizadores del rendimiento de la 5G, que se resumen en la figura 5:

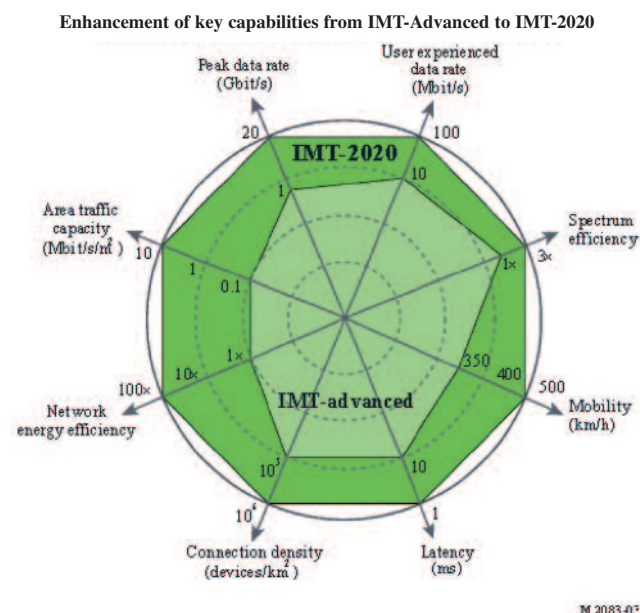


Figura 5. Objetivos UIT para las prestaciones de la 5G
(Fuente: Recomendación ITU-R M.2083.0)

El objeto de latencia de 1 ms se refiere sólo a la interfaz radio.

Detailed Timeline & Process for “IMT-2020” in ITU-R

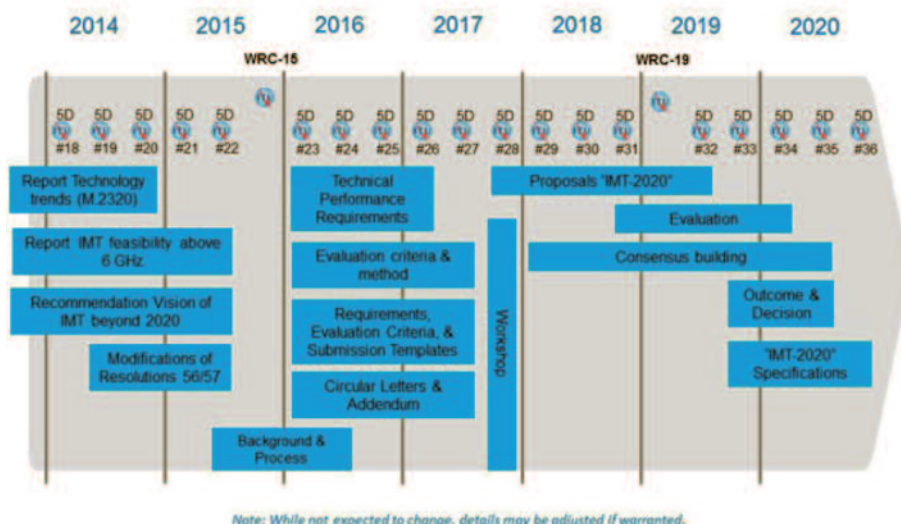


Figura 4. Calendario de IMT-2020 en la UIT-R
(Fuente: WP5D de la Comisión 5 de estudios de la UIT-R³)

Identificación de tecnologías relacionadas con el espectro.

Todas estas visiones anteriores identifican determinadas tecnologías y acciones que, sin duda, tendrán implicaciones en la asignación y gestión del espectro radioeléctrico utilizado por la 5G. Así, se puede entresacar un conjunto de tendencias tecnológicas que afectan al espectro, entre las que estarían las siguientes:

Uso de las bandas de milimétricas para la 5G: propagación y problemática para su uso en la 5G, incluyendo los límites seguros para la salud humana. Estas bandas pueden ser especialmente importantes en el soporte de células de pequeño tamaño, así como solución para los recursos de transmisión entre los equipos radio desplegados en las células y los que se concentran con carácter fijo en determinadas ubicaciones.

MIMO masivo, donde se maneja un número muy elevado de antenas, ya sea en la estación base, el terminal o en ambos. Muy relacionado con el anterior, ya que su implantación en bandas milimétricas presenta ventajas y retos técnicos importantes.

Muy alta densificación celular: la 5G muy probablemente se asentará sobre despliegues de células de muy pequeño tamaño, que podrán activarse o desactivarse en función de la demanda de tráfico. Este tipo de soluciones estará también muy relacionado con las soluciones basadas en milimétricas. Algunas voces predicen la imposibilidad de este escenario por la

imposibilidad de manejar la interferencia de tantas células.

Compartición de bandas: Tanto en lo referente al uso de bandas no licenciadas por los terminales 5G, en especial la coexistencia con Wifi y sus evoluciones, como de la compartición de las bandas licenciadas 5G con otros equipos a título secundario (por ejemplo sensores), sobre la base de las técnicas de *radio cognitiva*.

Comunicaciones dispositivo a dispositivo D2D, sin pasar por la infraestructura de red móvil: como vía para descargar a la red de tráfico, y de ampliar la cobertura más allá de la de las estaciones base. Es una propuesta que exige abordar cuestiones como las estrategias de gestión del espectro destinado a este fin, y de reducción de las interferencias, así como el papel del núcleo de red (soluciones coordinadas desde la red o autónomas).

Nuevas arquitecturas de red: uno de los aspectos más innovadores de la 5G, que tiene también repercusiones en la gestión del espectro. Incluye cuestiones como la virtualización de los equipos en la nube (Cloud RAN), virtualización de las funciones (NFV) y la importación del paradigma de las redes definidas por software (SDN) a las redes móviles. Estas soluciones se espera que puedan abrir la puerta a una gestión mucho más eficiente energéticamente de las células, que además serían configurables en función del contexto, así como a un uso mucho más flexible y adaptado de las diferentes tecnologías de acceso radio (RAT), de forma que la red pueda decidir y adoptar en cada caso aquella que resulte más conveniente. Entre ellas, estarán seguramente también las basadas en la banda visible, en lo que se conoce como las comunicaciones en el espectro luminoso visible (VLC).

Nuevas interfaces radio. Con el fin de conseguir una mayor eficiencia espectral y en particular soluciones para manejar tráfico IoT, en especial la gran carga de señalización que este llevará aparejado en escenarios

con multitud de sensores, que efectuarán frecuentes conexiones de pequeño contenido de datos, pero que, en redes como las 4G, implicarían una carga de señalización inasumible.

Estrategias en el uso del espectro para mejorar la eficiencia energética, tanto en la red como en los terminales. Muy relacionado con las nuevas arquitecturas de red.

Posible uso de la técnica full-duplex, que permitiría que los terminales puedan transmitir y recibir simultáneamente, aumentando significativamente su eficiencia en el uso del espectro.

Aprovechamiento de la señal radio como una fuente de energía para los equipos, en lo que sería otra vertiente en el uso del espectro.

Esta lista no pretende ser exhaustiva ni cerrada, puesto que, como se apuntó en la introducción, las soluciones técnicas sobre las que se asienta la 5G distan todavía de estar suficientemente resueltas en muchos casos. El tiempo dirá cuáles de ellos cuajan finalmente y hasta qué punto. No obstante, los trabajos de investigación que se van conociendo permiten un cierto grado de confianza en cuanto a sus perspectivas de futuro. Por ello, como ya afirmamos también al comienzo del artículo, es nuestra intención ir desgarrando cada uno de los puntos en posteriores artículos, con la esperanza de que el lector vea recompensada su lectura con el conocimiento de algunas de las soluciones técnicas que al final formarán parte de esas redes que esperamos llegue a utilizar allá por 202x.

Notas:

- ¹ Research*EU focus magazine 15 (http://cordis.europa.eu/research-eu/research-focus_es.html)
- ² <http://www.4gamericas.org/es/newsroom/press-releases/4g-americas-y-5g-ppp-anuncian-memorando-de-entendimiento-para-la-5g/>
- ³ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>.

5G Visions and Technologies

The fifth generation (5G) of wireless telecommunications systems is a topic that has received more and more attention in industry literature for a while now, and on occasion has also been covered in the general public press. In this article, we attempt to provide an overview of how this set of concepts is evolving, and of the road that lies ahead,

while pointing out some of the technology's most remarkable features. We do this in order for these comments to serve as an introduction for those whose field or technical background is foreign to mobile telecommunications to a greater or lesser extent. We also intend this to be the first in a series that will delve deeper into the trends shaping the technical foundations

on which 5G will eventually settle. Further, we discuss this from the point of view of the management and use of the EM broadcast spectrum, a field in which the authors have been working for the past several years as part of the Spectrum Management Working Group (Gesp) at the Telecom Engineering Association (COIT in Spanish).