

Jornadas de Investigación y Análisis

En el camino hacia las redes



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

PROSIC

Programa Institucional
Sociedad de la Información
y el Conocimiento

5G

Universidad de Costa Rica. Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento. Memoria de las Jornadas de Investigación En el camino hacia las redes 5G/Valeria Castro Obando/editora. Programa Institucional Sociedad de la Información y el Conocimiento, Universidad de Costa Rica. - San José, C.R.: Prosic, Universidad de Costa Rica, 2024.

179 pp.

ISBN 978-9968-510-29-5

1.Antecedentes e introducción a las redes 5G. 2.Usos y aplicaciones de la tecnología 5G. 3.Condiciones preparatorias para el despliegue de las 5G. 4.Riesgos y desafíos derivados en la aplicación de la tecnología 5G. 5.Avances de las redes 5G en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Prosic.

Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis En el camino hacia las redes 5G

Alejandro Amador Zamora
Coordinador

Valeria Castro Obando
Editora

María Vanessa Vega Garita
Dariel Amador Pérez
Asistentes de Investigación y apoyo editorial

Keilor Angulo Blanco
Diseño y Diagramación

Setiembre 2024

Acciones del Estado en pro de las redes 5g en Costa Rica



José Manuel Peralta Carranza



15

José Manuel Peralta Carranza. Gerente de Administración del Espectro Radioelétrico, Micitt.

Licenciado en ingeniería en electrónica del Tecnológico de Costa Rica, con una maestría en Redes y Telemática por la Universidad Latina y una maestría en Economía de las Telecomunicaciones por la Universidad de Estudios a Distancia de Madrid. Tiene experiencia en el área de las telecomunicaciones por más de 17 años, y en particular del área de las telecomunicaciones inalámbricas. Está a cargo del Departamento de Administración del Espectro Radioelétrico en MICITT desde el año 2017.



Resumen

Esta ponencia aborda el espectro radioeléctrico desde una perspectiva en donde se destacan las funcionalidades asociadas a las distintas bandas de frecuencias que existen. A partir de esto, se presentan algunos casos de uso que estas bandas permitirán desarrollar con la tecnología 5G, además de los requerimientos técnicos que en términos de cobertura y características de propagación deberán ser considerados para su implementación.

En paralelo, se presentan algunas de las decisiones de política pública que el país ha adoptado con el fin de crear condiciones propicias para el desarrollo de la tecnología 5G. Entre estas destacan acciones como la definición del cronograma de asignación de espectro (CAE), las reformas realizadas al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF), la promulgación del más reciente Plan Nacional de Desarrollo de Telecomunicaciones (PNDT) 2022-2027, los procesos de recuperación de bandas de espectro y el desarrollo de procesos de licitaciones de las bandas de frecuencias disponibles, entre otras.

El documento cierra reiterando los beneficios y oportunidades económicas que la implementación de redes 5G podrá traer para Costa Rica, por lo cual se considera necesario fortalecer el diálogo entre los distintos actores del sector de las telecomunicaciones y continuar fortaleciendo las inversiones en el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones para el soporte de las redes 5G.

Palabras clave: espectro radioeléctrico, banda de frecuencias, proceso concursal, sistemas IMT-2020 y redes 5G.

Una perspectiva técnica para entender qué es el espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico puede ubicarse dentro de la gama de frecuencias de los 3 kHz a 3000 GHz del espectro electromagnético. Estas frecuencias, habilitan los canales de comunicación que son empleados en las comunicaciones inalámbricas por distintos tipos de dispositivos y aplicaciones.

Las características técnicas de estos canales o vías de comunicación inalámbricas no solamente permiten el desarrollo de distintos servicios de usuario final, sino que obedecen a las reglas de la ciencia y la técnica. Además, se encuentran reglamentadas en el cuerpo normativo técnico, compuesto por el *Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones* (regulación internacional que tiene nivel de tratado internacional para el país) y el *Plan Nacional de Atribución de Frecuencias -PNAF-* (Decreto N° 44010-MICITT, del 30 de mayo de 2023), entre otros. El acatamiento de estas normas por parte de los países deriva en un uso armonizado del espectro radioeléctrico, procurando condiciones de operación donde se minimicen los escenarios de interferencias perjudiciales.

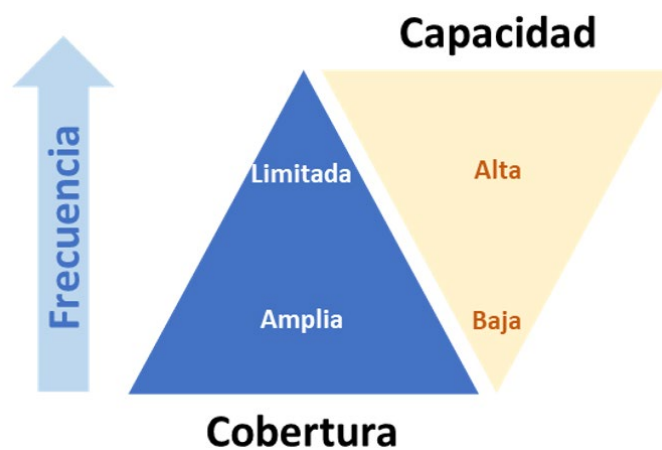
Por otro lado, desde un punto de vista técnico, el espectro radioeléctrico se divide en distintas gamas o bandas, bandas que, por la naturaleza física de las ondas y el valor de su frecuencia, se emplean en la provisión de distintos servicios, tales como la radiodifusión (abierta), comunicaciones satelitales,



teléfonos móviles, entre muchos otros. En este sentido, las frecuencias que componen las distintas bandas del espectro proveen a los servicios de comunicaciones que se proveen a través de estos canales de comunicación distintas condiciones que dependen del valor de frecuencia.

Esto es que, para el caso de *frecuencias bajas* se cuentan con condiciones de propagación ideales para cumplir con objetivos de cobertura, bajo la premisa de que estos canales no proveen una alta capacidad de transmisión de información. Caso contrario, el caso de *frecuencias altas*, estas presentan condiciones que resultan ideales para una alta capacidad para transmisión de información, con el compromiso técnico de no poder cumplir con amplios objetivos de cobertura. Este escenario de capacidad vs cobertura se resume en la figura a continuación.

Figura 15.1. Compromiso entre cobertura y capacidad para las frecuencias del espectro radioeléctrico



Fuente: Elaboración propia.

Aprovechamiento del balance entre cobertura vs. propagación de las ondas radioeléctricas

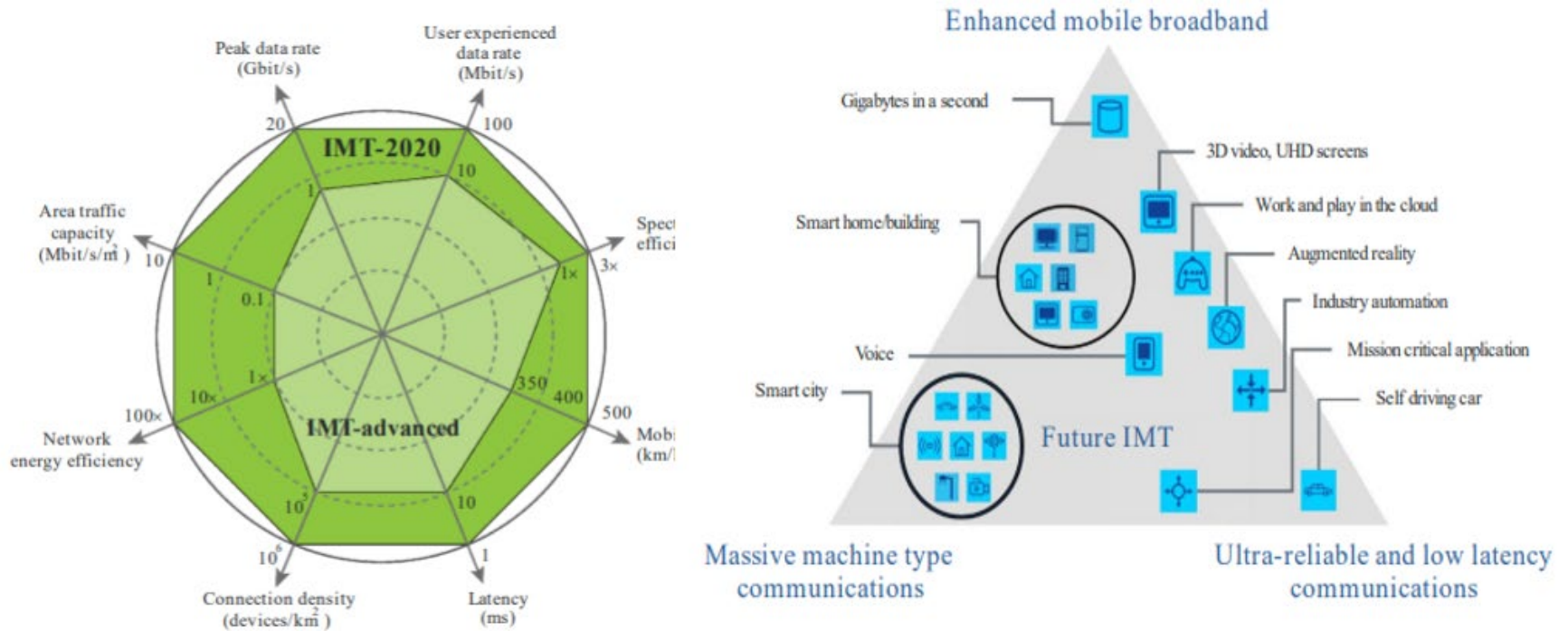
Este fenómeno físico, en el cual intervienen las propiedades físicas y electromagnéticas de las ondas, permite a los entes encargados de gestionar nacionalmente el espectro radioeléctrico, con base en las regulaciones aplicables, emplear distintas bandas de frecuencias para lograr objetivos específicos de cobertura. Por ejemplo, para cubrir amplias zonas geográficas y brindar acceso a distintos servicios de telecomunicaciones con condiciones de calidad suficientes para mantener ciertos niveles de calidad y satisfacción de los usuarios finales.

Asimismo, otras bandas de frecuencias cumplen un objetivo de capacidad que se destina a usos más focalizados geográficamente, según los anchos de banda que ofrecen principalmente las bandas medias y altas. Estos permiten que los operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones ofrezcan aplicativos que hacen uso intensivo de las redes de datos al requerir altas tasas de transferencia.

Los objetivos o estrategias, en el uso del espectro radioeléctrico resultan técnicamente evidentes en los despliegues de redes móviles IMT, particularmente en los desarrollos de las IMT-2020, incluyendo 5G. De hecho, este tipo de redes debe cumplir con una serie de requerimientos específicos que habiliten los distintos usos que se pretenden desarrollar a través de estas redes.



Figura 15.2. Objetivos técnicos y casos de uso asociados a las redes móviles IMT-2020, incluyendo 5G



Fuente: Tomado de la Recomendación ITU-R M.2083. Disponible en https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-1!!PDF-E.pdf

Consideraciones técnicas para las IMT-2020¹

Según lo que indican y citan múltiples fuentes, para el correcto desarrollo técnico de las redes del tipo IMT-2020 es necesaria la disponibilidad de espectro radioeléctrico en bandas por debajo de 1 GHz (bandas bajas), en bandas entre 1 GHz y 6 GHz

¹ El término IMT hace referencia al término genérico empleado por la comunidad de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para designar a los sistemas móviles en banda ancha. Este término incluye los sistemas IMT-2000 (despliegues comerciales del tipo 3G), IMT-Avanzadas (despliegues comerciales del tipo 4G) y las IMT-2020 (despliegues comerciales del tipo 5G).



(bandas medias) y por encima de los 6 GHz (bandas altas o milimétricas, normalmente superiores a los 24 GHz, pero inferiores a los 100 GHz) (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2023).

Por ejemplo, aplicaciones del tipo mMTC (*Massive Machine Type Communications*, por sus siglas en inglés) podrán ser usadas en industrias automatizadas (Unión Internacional de Telecomunicaciones, [UIT], 2022), sensores y dispositivos para automatización de procesos de agricultura. Por su dispersión en grandes zonas geográficas, pero su baja necesidad de tasas de transferencias de datos y latencia, se hace uso de las condiciones físicas que proveen las bandas por debajo de 1 GHz, en términos de amplitud de cobertura, a costas de proveer relativas bajas capacidades de datos.

Por otra parte, casos de eMBB (*Enhanced Mobile Broadband*, por sus siglas en inglés) como el acceso a Internet y la transmisión de datos en alta velocidad, requieren del uso de bandas del espectro que brinden la posibilidad de cubrir áreas geográficas con alguna extensión, al tiempo que permitan establecer canales de comunicación con los usuarios finales. Esto se logra a través del uso de frecuencias en bandas medias.

Por último, innovaciones como la conducción autónoma de vehículos, o las aplicaciones de misión crítica (que no sólo requieren altas tasas de transferencia de datos, sino también muy bajas latencias para dar respuesta a cualquier situación que se presente en carretera para las aplicaciones de conducción, o para responder ante situaciones de emergencia de manera apropiada), demandan la utilización de canales de comunicación con altos anchos de banda. Usualmente, estos

están disponibles en bandas por encima de los 6 GHz, lo cual es un habilitador directo de los casos de uso del tipo uRLLC (por las siglas en inglés de *ultra Reliable Low Latency Communications*).

Adicionalmente, se observa que existe una necesidad de masificar la infraestructura que soporta estas redes, en virtud de que el uso de bandas milimétricas supone cercanía física al usuario por parte de dicha infraestructura. Lo anterior, por la limitada propagación radioeléctrica de estas ondas, de ahí que esa masificación de infraestructura se convierta en un reto importante para operadores y demás actores involucrados, en términos de regulación, normativa y trámites municipales, entre otros.

El camino hacia las IMT-2020 en Costa Rica

Ahora bien, para hacer realidad este tipo de aplicaciones en Costa Rica, el Gobierno de la República formalizó dentro de las disposiciones de Política Pública que orientan al Sector de las Telecomunicaciones la planificación de una serie de procesos de otorgamiento de espectro para este tipo de redes de telecomunicaciones, de forma que, al contar con estas redes en el país, se pueda tener acceso a nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones para la población.

Esta programación, incluida en el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT) 2022–2027 establece el desarrollo de procesos de licitación pública en el “corto plazo”, “mediano plazo” y “largo plazo”, según las fechas allí detalla-



das. Todo esto se define considerando las recomendaciones realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel), los estudios técnicos realizados por el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt) y las necesidades del mercado nacional de las telecomunicaciones para satisfacer la creciente cantidad de tráfico que se genera y cursa sobre las redes móviles (Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones, [Micitt], 2022).

No obstante, la Administración tuvo que implementar diversas acciones que aseguraran las condiciones técnicas, reglamentarias y registrales para que esos escenarios de otorgamientos, principalmente aquel ligado al “corto plazo”, pudieran ejecutarse. Dentro de estas pueden mencionarse:

- Una **reforma al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias** (PNAF) que actualizara las canalizaciones aplicables a las bandas identificadas para el desarrollo de sistemas IMT en el país (Micitt, 2021).
- Procesos de **recuperación de espectro radioeléctrico**. Dentro de los procesos que el Micitt lideró para garantizar condiciones registrales adecuadas para la ejecución del proceso concursal a “corto plazo”, se puede señalar la recuperación y disposición total del espectro en la banda de 700 MHz (producto de la digitalización de la televisión digital y otros procesos administrativos ejecutados), la disponibilidad registral de la banda de 2300 MHz, así como la suscripción de acuerdos mutuos de devolución del espectro suscritos por parte de la Administración con empresas del Grupo ICE en frecuencias de la banda de 3500 MHz.

En este sentido, y luego de contar finalmente con la acreditación de la necesidad y factibilidad por parte de la Sutel, el Poder Ejecutivo emitió el Acuerdo Ejecutivo N° 031-2023-TEL-MICITT, para la instrucción del proceso concursal a la Sutel y se remitió a la Superintendencia el oficio N° MICITT-DM-OF-416-2023 sobre los lineamientos adicionales de política pública para este proceso de otorgamiento para espectro para redes IMT.

Sobre el proceso concursal de espectro para redes IMT-2020 en Costa Rica

Tal como se adelantó en párrafos anteriores, el proceso licitatorio en curso considera bandas en las gamas de frecuencias que son técnicamente requeridas para el correcto despliegue de las redes IMT-2020, incluyendo 5G, en el país. En este sentido, bandas como la de 700 MHz, 3500 MHz y 26 GHz, se incluyen dentro del proceso concursal y apoyan el despliegue técnico de esas redes, además, son bandas con las que se cuenta con disponibilidad registral para su otorgamiento, según el detalle aplicable para cada banda de frecuencias.

Sin embargo, el mecanismo que se aplicaría a este concurso parte de la premisa técnica analizada líneas arriba, la cual es la necesidad de masificación de la infraestructura de telecomunicaciones para estas redes. Por este motivo y en línea con los lineamientos adicionales de política pública emitidos por el Micitt, es que el concurso consideró que una parte importante del pago del espectro que se adjudicaría en las diferentes



bandas de frecuencias incluiría el reconocimiento del valor de la inversión que supone el despliegue de infraestructura nueva para los operadores que resulten adjudicatarios y soportaría la operación de esas nuevas redes móviles en el país.

Esta visión de proceso concursal imprime un *enfoque no recaudatorio*, lo cual resulta beneficioso para el país porque el pago de parte del espectro se traduce de una manera más inmediata en un beneficio social, al habilitar un esquema que facilite el acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad, sobre todo en las zonas del país que históricamente se han visto excluidas de este tipo de servicios.

Asimismo, dicho enfoque tiene consecuencias desde la perspectiva de la dinámica del mercado de las telecomunicaciones, dado que esta modalidad de concurso promueve la competencia en el mercado móvil al variar el marco de referencia tradicional del despliegue de infraestructura. Esto hace que indirectamente se elimine y/o mitiguen las barreras de acceso al mercado, ya sea para operadores existentes o nuevos entrantes.

Todas aquellas zonas geográficas reconocidas como de prioritaria atención por el Poder Ejecutivo en el PNDT 2022-2027 serán atendidas según las obligaciones de despliegue que se establezcan finalmente por parte del regulador, así como otras áreas que cuentan con algún grado de conectividad móvil, pero que requieren de atención para recibir un servicio satisfactorio por parte de los usuarios de servicios de telecomunicaciones.

Todas estas acciones, de cara al consecuente otorgamiento de espectro radioeléctrico, realizadas por la Administración como

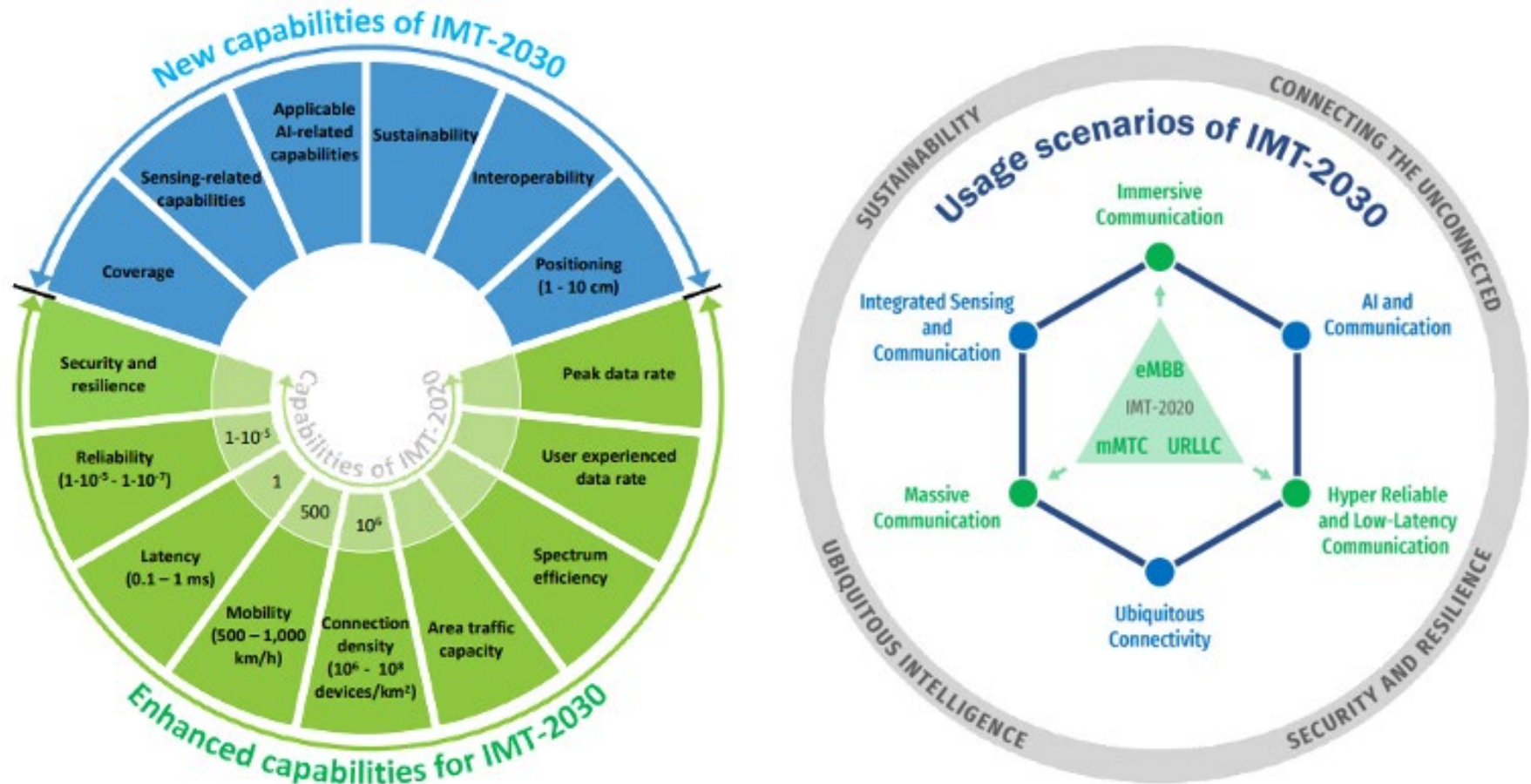
un todo, permiten a la sociedad gozar de los beneficios que traen intrínsecos al emplear tecnologías de telecomunicaciones de punta. Sin embargo, es importante reiterar que existen una serie de procesos de otorgamiento que deberán ser ejecutados por la Administración a futuro, de manera que se pueda satisfacer no solo la necesidad técnica de los operadores de más espectro para el despliegue y operación de sus redes móviles, sino que también satisfagan aquellas originadas por el aumento cada vez más exponencial en el tráfico que cursa estas redes por parte de los usuarios finales de telecomunicaciones.

La demanda para contar con más y mejores servicios e infraestructura de telecomunicaciones que los soporte, orienta al sector de las telecomunicaciones hacia una constante evolución. En este sentido, es claro que el camino de las redes móviles deba, como un paso natural hacia el futuro, evolucionar hacia unas redes que permitan a los usuarios tasas de datos incrementadas, latencias cada vez menores y una disponibilidad de red cada vez mayor, que les permitan el desarrollo y uso de aplicaciones como las potenciadas por las capacidades de la inteligencia artificial (IA), los *"gemelos digitales"* (Ericsson, 2023), la robotización masiva de distintas áreas del quehacer humano y la conducción autónoma, entre muchas otras.

Esta evolución natural, en relación con las tecnologías móviles 5G plantea el reto de implementar la visión y misión de las redes móviles IMT-2030, incluyendo 6G (UIT, 2023). Estas tecnologías, según se ha ido plasmando en los estudios y análisis que han realizado distintas partes interesadas (organismos regionales, operadores, proveedores de equipamiento, academia, entre otros) deberán cumplir los objetivos especificados en la figura 15.3.



Figura 15.3. Capacidades y casos de uso de las redes IMT-2030, incluyendo 6G



Fuente: IMT towards 2030 and beyond, Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Documents/IMT-2030%20Capabilities%20post%20SG5.pdf>



Las incrementadas capacidades que van a ofrecer esas redes móviles satisfacen los requerimientos de aplicaciones con altas exigencias técnicas hacia las redes que las soportarían. Sin embargo, se plantea de forma directa un reto a los distintos países en materia de gestión del espectro radioeléctrico, pues para que todo lo anterior pueda suceder, es vital contar con disponibilidad de espectro en las distintas gamas de frecuencias ya analizadas.

Es decir, el escenario de gamas de frecuencias baja, media y alta aplica de igual forma para estas redes móviles (Nokia, 2023); no obstante, las IMT-2030 requerirán de mayor cantidad de espectro en dichas gamas de frecuencias, con la particularidad de que, en la gama de frecuencias alta se incluyen bandas por encima de los 100 GHz, esto para aplicaciones y casos de uso muy puntuales pero que requerirán tasas de datos aún mayores a las posibles en redes del tipo IMT-2020. Dentro de esto se incluye 5G, tal como es el caso de la transmisión de hologramas que requeriría tasas de transferencia, para hologramas en alta resolución, superiores a los 4 Tb/s (Tataria, 2021).

Este panorama plantea un reto particular para Costa Rica, dada la disponibilidad de espectro en algunas de las bandas de frecuencias que se proyecta emplear a futuro para las redes móviles IMT-2030 y que esto pueda involucrar acciones, en virtud de los mecanismos que provee el marco normativo nacional. Esto es la tarea del ordenamiento del espectro radioeléctrico y en particular para los servicios móviles, es una

tarea continua, en la que el norte debe ser la satisfacción del usuario final de los servicios de telecomunicaciones, prestando especial atención de aquellas regiones y zonas geográficas que puedan encontrarse con dificultades en el acceso a estas tecnologías y servicios.

A modo de reflexión final

El Estado costarricense ha llevado a cabo acciones y planea realizar otras para impulsar el desarrollo de las redes 5G en el país, con el fin de aprovechar las oportunidades que esta tecnología ofrece para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y el crecimiento económico del país. Esas iniciativas demuestran el compromiso y la visión del Estado para adaptarse al progreso tecnológico y la convergencia, así como para generar las condiciones habilitadoras para el despliegue de nuevas capacidades e infraestructuras digitales.

Sin embargo, también se reconocen los desafíos que implica el desarrollo de las IMT, como la necesidad de garantizar la calidad y la seguridad de los servicios, la inclusión digital de toda la población y la coordinación entre los diferentes actores del sector. Por ello, es fundamental continuar con las acciones planificadas, fortalecer el diálogo y la colaboración con los operadores, regulador, los proveedores, la academia y la sociedad civil y monitorear y evaluar los resultados y las lecciones aprendidas de las experiencias en el país.



Referencias

Ericsson. (Marzo de 2023). *Ericsson*. Obtenido de 6G spectrum - enabling the future mobile life beyond 2030: <https://www.ericsson.com/4953b8/assets/local/reports-papers/white-papers/6g-spectrum.pdf>

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (Marzo de 2021). Reforma al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias. *Decreto 42924-MICITT*. Obtenido de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=94214&nValor3=125381&strTipoM=TC

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones 2022-2027 “Costa Rica: Hacia la disrupción digital inclusiva”*. San José.

Nokia. (Junio de 2023). Obtenido de Spectrum for 6G explained: <https://www.nokia.com/about-us/newsroom/articles/spectrum-for-6G-explained/>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Abril de 2022). *5G – Quinta generación de tecnologías móviles*. Obtenido de <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2022). *Handbook on International Mobile Telecommunications*

(*IMT*). Obtenido de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-62-2022-PDF-E.pdf

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2023). *IMT towards 2030 and beyond*. Obtenido de *IMT towards 2030 and beyond*: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx>

Tataria, M. S. (2021). 6G Wireless Systems: Vision, Requirements, Challenges, Insights, and Opportunities. *Proceedings of the IEEE*, 1166-1199.



En el camino hacia las redes

5G

Jornadas de Investigación y Análisis



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

PROSIC

Programa Institucional
Sociedad de la Información
y el Conocimiento



Con la Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis "En el camino hacia las redes 5G", el Prosic busca poner a disposición un producto del conocimiento que permita una aproximación al mundo de las 5G y brinde insumos útiles sobre los avances del país en la materia e indique potenciales puntos de mejora para afianzar el desarrollo de la tecnología 5G en el país.